



Universidade de Aveiro
2008

Departamento de Electrónica, Telecomunicações e
Informática

**Nelson Manuel
Loureiro Fernandes**

Gestão de Tráfego Urbano: Integração GPS/PDA/SIG



**Nelson Manuel
Loureiro Fernandes**

Gestão de Tráfego Urbano: Integração GPS/PDA/SIG

dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Electrónica e Telecomunicações, realizada sob a orientação científica do Dr. A. Manuel de Oliveira Duarte, Professor Catedrático do Departamento de Electrónica, Telecomunicações e Informática da Universidade de Aveiro e sob a co-orientação científica do Dr. José António de Vasconcelos Ferreira, Professor Auxiliar do Departamento de Economia Gestão e Engenharia Industrial da Universidade de Aveiro

o júri

Presidente

Prof. Dr. José Alberto Gouveia Fonseca
Professor Associado da Universidade de Aveiro

Vogais

Prof. Dr. A. Manuel de Oliveira Duarte
Professor Catedrático da Universidade de Aveiro

Prof. Dr. Henrique Manuel Dinis Santos
Professor Associado do Departamento de Sistemas de Informação da Escola de
Engenharia da Universidade do Minho

Prof. Dr. José António de Vasconcelos Ferreira
Professor Auxiliar da Universidade de Aveiro

agradecimentos

Agora que a escrita deste trabalho está concluída, chegou a hora de deixar algumas palavras de reconhecimento aos que tornaram este projecto possível.

Gostaria de agradecer ao meu orientador, Prof. Dr. A. Manuel de Oliveira Duarte, e ao meu co-orientador, Prof. Dr. José António de Vasconcelos Ferreira, a oportunidade que me foi facultada ao participar neste projecto.

Agradeço à Eng. Ana Luísa Ramos pelo seu apoio, disponibilidade e pela simpatia com que sempre me recebeu ao longo deste trabalho.

Ao Eng. Alexandre Rios Paulo, e Carlos Sobrinho agradeço a participação no desenvolvimento do projecto associado a esta dissertação.

Agradeço também o excelente apoio por parte da UNAVE, visto que sem essa preciosa ajuda não teria sido possível concluir o trabalho com o sucesso obtido.

Aos meus pais, deixo a minha enorme gratidão por me darem a educação que me deram, por toda a atenção e carinho com que sempre acompanharam a minha vida e por me deixarem prosseguir os meus sonhos. Também à minha irmã agradeço a boa vontade com que sempre me ajudou.

Ao Gonçalo agradeço toda a ajuda que me deu, assim como as horas perdidas no auxílio à resolução de problemas que foram surgindo ao longo deste trabalho.

A todos os meus amigos e em especial ao Evaristo, Afonso, Rui, Carlos e Daniel agradeço por me terem ajudado a ultrapassar algumas das dificuldades que foram surgindo ao longo da elaboração deste projecto.

palavras-chave

Gestão de tráfego urbano, sistema de transporte inteligente, PDA, SIG-T, *GPS*.

resumo

Esta dissertação aborda a problemática da gestão de tráfego urbano com recurso à utilização de tecnologias de informação, telecomunicações e electrónica.

Daqui resulta uma síntese de conhecimentos sobre sistemas de transportes inteligentes e, nomeadamente, sobre a recolha dinâmica de dados relativos ao tráfego baseados na integração de um sistema GPS com um sistema de informação geográfica, através de um dispositivo móvel, PDA.

O trabalho apresentado pretende dar a conhecer ao leitor alguns sistemas de aquisição de dados existentes, assim como a evolução dos sistemas de transportes inteligentes e sistemas de informação geográficos para transportes.

Esta dissertação descreve também o processo de desenvolvimento de um protótipo de recolha de dados, com interface simples, que facilmente permite a utilizadores com poucos conhecimentos informáticos o levantamento de dados relativos ao tráfego, o registo de ocorrências (acidentes, tráfego, actividades, etc.), e a realização de um inventário rodoviário (semáforos, passadeiras, etc.). Descreve ainda o desenvolvimento de um sistema que permite a análise de dados, obtidos com o protótipo acima referido, implementado com software GIS.

Na fase final desta dissertação são ainda apresentadas informações concretas de utilização de toda a plataforma desenvolvida.

keywords

Urban traffic management, intelligent transportation system, PDA, GIS-T, GPS

abstract

This dissertation addresses the problem of urban traffic management with the use of information technologies, telecommunications and electronics.

The main result is a summary of knowledge about dynamic traffic data collection based on the integration of a GPS system with a geographic information system, through a mobile device, PDA.

The work described intends to inform the reader about existing traffic data acquisition systems, the evolution of intelligent transportation systems and geographic information systems for transportation.

This dissertation also describes the process of developing a prototype for data collection, with simple interface that easily allows users, with little IT knowledge, to survey traffic data, to registry events (accidents, traffic, activities, etc.), and to conduct a road inventory (traffic lights, pedestrian crossings, etc...). It also describes the development of a system that allows the analysis of traffic information, obtained with the implemented prototype using GIS software.

At the end of the dissertation, it is also presented some information about the application of the developed platform.

ÍNDICE

Capítulo I – Introdução.....	9
1.1 Enquadramento do projecto.....	9
1.2 Motivação	10
1.3 Objectivos.....	11
1.3.1 Objectivos Específicos.....	11
1.4 Estrutura da dissertação	11
Capítulo II – Gestão de Tráfego Urbano	13
2.1 Sistemas de Transporte Inteligentes (STI)	13
2.1.1 – Objectivos dos STI.....	14
2.1.2 – Evolução Histórica.....	14
2.1.2 – STI em Portugal	19
2.2 Sistema de Informação Geográfico para Transportes (SIG-T).....	21
2.3 Aquisição de Dados para SIG-T	23
2.3.1 Sensores de velocidade de ponto fixo.....	23
2.3.2 Aquisição de dados usando veículos flutuantes.....	24
2.4 Integração PDA, GPS e SIG na aquisição móvel de dados.....	26
2.5 Síntese.....	33
Capítulo III – Conceptualização e Desenho do Protótipo	35
3.1 Visão geral do sistema.....	35
3.2 Especificação de requisitos do sistema.....	36
3.3 Modelo de Casos de Utilização	37
3.3.1 Descrição dos Actores.....	38
3.3.2 Descrição dos casos de utilização	38
3.3.2.1 Pacote Aplicação PDA.....	39
3.3.2.1.1 CaU1 Login.....	39
3.3.2.1.2 CaU2 Submeter Ocorrência	40
3.3.2.1.3 CaU3 Efectuar Inventário Rodoviário	41
3.3.2.1.4 CaU4 Tirar Fotografia.....	43
3.3.2.1.5 CaU5 Logout.....	44
3.3.2.2 Pacote Aplicação PC	44
3.3.2.2.1 CaU6 Escolher Porto	45
3.3.2.2.2 CaU7 Iniciar.....	45
3.3.2.2.3 CaU8 Parar.....	47
3.3.2.2.4 CaU9 Suspende.....	47

3.3.2.2.5 <i>CaUI0 Reiniciar</i>	48
3.3.2.3 Pacote Aplicação Web.....	49
3.3.2.3.1 <i>CaUI1 Seleccionar Informação</i>	49
3.3.2.3.2 <i>CaUI2 Seleccionar Camadas do Mapa</i>	51
3.3.2.3.3 <i>CaUI3 Obter Informação de um Ponto</i>	51
3.3.2.3.4 <i>CaUI4 Efectuar Zoom In/Out</i>	52
3.3.2.3.5 <i>CaUI5 Navegar no Mapa</i>	53
3.4 Especificação suplementar.....	53
3.4.1 Funcionalidade comum.....	53
3.4.2 Requisitos de usabilidade.....	54
3.4.3 Requisitos de desempenho.....	54
3.4.4 Requisitos de hardware.....	54
3.4.5 Outros requisitos não funcionais.....	55
3.5 Arquitectura applicacional.....	55
3.6 Arquitectura de instalação.....	55
3.7 Cenário de utilização.....	56
Capítulo IV – Implementação do Protótipo.....	57
4.1 Considerações iniciais.....	57
4.2 Base de dados.....	59
4.2.1 Base de dados da Aplicação PC.....	59
4.2.1.1 – Tabela_Mensagens e Tabela_GPS.....	60
4.2.1.2 – Tabelas relativas a inventário rodoviário.....	61
4.2.1.3 – Tabelas relativas a ocorrências.....	62
4.2.2 Base de dados da Aplicação PDA.....	64
4.3 Implementação do protótipo e resultados.....	64
4.3.1 Aplicação PDA.....	64
4.3.1.1 Reportar Ocorrências.....	66
4.3.1.2 Efectuar levantamento rodoviário.....	70
4.3.1.3 Requisitos de usabilidade.....	72
4.3.1.4 Modo de funcionamento da aplicação PDA.....	73
4.3.2 Aplicação PC.....	74
4.3.2.1 Modo de funcionamento da aplicação PC.....	77
4.3.3 Aplicação Web.....	78
4.3.3.1 Outros exemplos de uso da aplicação.....	81
Capítulo V – Conclusões e Trabalho Futuro.....	83
5.1 Conclusões.....	83
5.2 Trabalho futuro.....	84

Bibliografia.....	85
ANEXOS	87

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Evolução dos STI ao longo dos anos [4]	15
Figura 2 - Primeiro semáforo numa rua de Nova York em 1928 [3]	15
Figura 3 - Projectos de STI existentes na União Europeia [8]	17
Figura 4 - Modo de funcionamento do VICS [9]	18
Figura 5 - Nº de unidades VICS instaladas [9].....	18
Figura 6 - Modo de funcionamento do AHS [9]	19
Figura 7 - Funcionamento da Via Verde [10].....	20
Figura 8 - Sala de controlo de tráfego da ponte Vasco da Gama [11].....	20
Figura 9 - Mapa da estrada e visualização da zona pretendida [12].....	21
Figura 10 - SIG-T	22
Figura 11 - Sistema de aquisição de dados da BMW [16]	25
Figura 12 - Modo de funcionamento do sistema de informação da BMW [16].....	26
Figura 13 - Processos envolvidos no rastreamento de veículos através de GPS [17]	27
Figura 14 - Arquitectura do protótipo desenvolvido por Tsou [18]	28
Figura 15 - Solução utilizada para simular a rede de comunicação [18].....	28
Figura 16 - Funções básicas e resultados obtidos com o protótipo desenvolvido [18] ..	29
Figura 17 - Modelo segundo o qual os protótipos foram desenvolvidos [19].....	29
Figura 18 - Ao viajar do ponto A para B regista-se a posição do veículo todos os segundos [19].....	30
Figura 19 - Exemplos demonstrativos de funcionamento da aplicação PDA [19].....	31
Figura 20 - Imagem da aplicação no PC [19].....	31
Figura 21 - Imagem de um mapa relativo à velocidade média de circulação [19].....	32
Figura 22 - Esquema relativo ao protótipo a desenvolver	35
Figura 23 - Diagrama de pacotes do sistema.....	37
Figura 24 - Diagrama de <i>Use Cases</i> do pacote Aplicação PDA	39
Figura 25 - Diagrama de actividades de Submeter Ocorrência.....	41
Figura 26 - Diagrama de actividades de Efectuar Inventário Rodoviário	42
Figura 27 - Diagrama de actividades de Tirar Fotografia	43
Figura 28 - Diagrama de <i>Use Cases</i> do pacote Aplicação PC.....	44
Figura 29 - Diagrama de actividades de Iniciar.....	46
Figura 30 - Diagrama de <i>Use Cases</i> do pacote Aplicação Web	49
Figura 31 - Diagrama de actividades de Seleccionar Informação	50
Figura 32 - Diagrama de instalação.....	55
Figura 33 - Mensagem NMEA do tipo GLL	58
Figura 34 – Diagrama das tabelas de primeiro nível da base de dados usada na Aplicação PC	59
Figura 35 - Informação relativa a Tabela_Mensagens e Tabela_GPS	60
Figura 36 - Informação relativa a Tabela_Inventário, Tabela_Infrastructure e Tabela_Assets.....	61
Figura 37 - Informação relativa a Tabela_Ocorrencias, Tabela_Traffic_Flow, Tabela_Incidents e Tabela_Planned_Activities	62
Figura 38 - Informação relativa a Tabela_Ocorrencias, Tabela_Weather, Tabela_Parking e Tabela_Pavement	63
Figura 39 - Informação relativa a Table_GPS e Table_Messages	64
Figura 40 - Janela inicial da aplicação PDA	65
Figura 41 - Janela de Login	65
Figura 42 - Menu relativo a escolha de ocorrência ou inventário	66
Figura 43 - Escolhas possíveis no menu ocorrências	66

Figura 44 - Menu correspondente ao fluxo de tráfego	67
Figura 45 - Opções de incidentes disponíveis	67
Figura 46 - Informação a preencher pelo utilizador	68
Figura 47 - Informação a preencher aquando um derrame ou uma avaria	68
Figura 48 - Tipo de actividades e informação a preencher pelo utilizador	69
Figura 49 - Menus referentes a ocorrências do tipo estado do pavimento, condições meteorológicas e estacionamento	69
Figura 50 - Opções relativas ao inventário rodoviário	70
Figura 51 - Menu infra-estrutura	70
Figura 52 - Menu relativo a activos fixos.....	71
Figura 53 - Menu reservado a sinais.....	71
Figura 54 - Aviso por parte da aplicação ao utilizador.....	72
Figura 55 - Confirmações fornecidas ao utilizador	72
Figura 56 - Diagrama de funcionamento da aplicação PDA	73
Figura 57 - Janela inicial da aplicação PC.....	74
Figura 58 - Janela referente à aplicação em funcionamento	75
Figura 59 - Janela referente à aplicação suspensa	75
Figura 60 - Mensagem de erro.....	76
Figura 61 - Diagrama de funcionamento da aplicação PC	77
Figura 62 - Janela inicial	78
Figura 63 - Informação e camadas do mapa passíveis de serem seleccionadas	79
Figura 64 - Mapa com a camada fotográfica activada.....	79
Figura 65 - Mapa com ocorrência, nomeadamente um acidente	80
Figura 66 - Mais ferramentas disponíveis	80
Figura 67 - Zona de estacionamento sem lugares vagos	81
Figura 68 - Representação de semáforo	81

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Requisitos funcionais do sistema	36
Tabela 2 - Descrição dos actores	38
Tabela 3- CaU1 Login	39
Tabela 4 – CaU2 Submeter Ocorrência	40
Tabela 5 - CaU3 Efectuar Inventário Rodoviário.....	41
Tabela 6 - CaU4 Tirar Fotografia	43
Tabela 7- CaU5 Logout	44
Tabela 8 - CaU6 Escolher Porto	45
Tabela 9 – CaU7 Iniciar	45
Tabela 10 - CaU8 Parar	47
Tabela 11 - CaU9 Suspende	47
Tabela 12 - CaU10 Reiniciar	48
Tabela 13 - CaU11 Seleccionar Informação.....	49
Tabela 14 - CaU12 Seleccionar Camadas do Mapa	51
Tabela 15 - CaU13 Obter Informação de um Ponto.....	51
Tabela 16 - CaU14 Efectuar Zoom In/Out	52
Tabela 17 - CaU15 Navegar no Mapa.....	53
Tabela 18 - Requisitos de interface e usabilidade	54
Tabela 19 - Requisitos de desempenho	54
Tabela 20 - Tabela descritiva da mensagem do tipo GPS	87
Tabela 21 - Tabela descritiva da mensagem do tipo Infra-estrutura	87
Tabela 22 - Tabela descritiva da mensagem do tipo Activos Fixos	88
Tabela 23 - Tabela descritiva da mensagem do tipo Fluxo de Tráfego.....	88
Tabela 24 - Tabela descritiva da mensagem do tipo Incidente.....	89
Tabela 25 - Tabela descritiva da mensagem do tipo Actividades	90
Tabela 26 - Tabela descritiva da mensagem do tipo Estado Pavimento	90
Tabela 27 - Tabela descritiva da mensagem do tipo Condição Meteorológica.....	91
Tabela 28 - Tabela descritiva da mensagem do tipo Estacionamento	91

LISTA DE SIGLAS

STI – Sistema de Transporte Inteligente

SIG – Sistema de Informação Geográfica

SIG-T – Sistema de Informação Geográfica para Transportes

PDA – *Personal Digital Assistant*

PC – *Personal Computer*

BD – Base de Dados

GUI – *Graphical User Interface*

CDMA – *Code Division Multiple Access*

GSM – *Global System for Mobile Communications*

UMTS – *Universal Mobile Telecommunications System*

GPRS – *General Packet Radio Service*

Capítulo I – Introdução

O tráfego urbano tem-se tornado, ao longo dos últimos anos, um dos principais problemas dos habitantes das grandes e médias cidades de todo mundo. Os congestionamentos, os acidentes de trânsito, a baixa qualidade dos transportes públicos e a falta de estacionamento são problemas que afectam não só a qualidade de vida de toda a população como também causam grandes prejuízos a nível económico já que leva a um aumento do consumo de combustíveis, poluição, problemas de saúde e atrasos.

Tradicionalmente, a construção de novas e melhores vias é considerada a principal solução para a diminuição do tráfego. No entanto estas novas vias raramente significam a redução de tráfego e congestionamentos, mas sim ao contrário do esperado, verifica-se um aumento da circulação de veículos e os tão indesejados custos sociais e ambientais. Caso nada se fizesse para modificar este cenário previa-se para a União Europeia um aumento significativo de congestionamento de trânsito que em 2010 implicaria um custo de 80 biliões de euros por ano [1]. Esta situação seria claramente insustentável.

Como seria de esperar, ao longo da última década tem sido uma das principais preocupações de grande parte dos países tentar minimizar estes problemas através de elevados investimentos na área dos transportes, da aplicação da telemática no planeamento e controlo de sistemas de transporte e da implementação de novos serviços de informação à população.

1.1 Enquadramento do projecto

Com a evolução da telemática, a aplicação das tecnologias de informação aliadas às telecomunicações e à electrónica, no planeamento, gestão, operação e fiscalização dos transportes tem-se configurado como alternativa viável em termos de custo e eficácia, contribuindo para a sustentabilidade do sector dos transportes, com a redução do tempo perdido em congestionamentos, dos acidentes de trânsito, dos custos de transporte, do consumo de energia e dos danos ambientais. Estes sistemas, conhecidos como Sistemas de Transportes Inteligentes – STI (*ITS – Intelligent Transportation Systems*), têm-se tornado uma das maiores ferramentas no sector dos transportes, podendo ser usados para uma série de situações:

- Informações de tráfego, informações de acidentes, etc.
- Mapeamento da condição do pavimento, condições meteorológicas, actividades na via.
- Criação de base de dados geográficas para uso em situações de emergência.
- Levantamento de inventário rodoviário (sinais, pontes, marcadores, etc.).
- Serviços de resposta a emergências (polícia, bombeiros).
- Localização automática de veículos.
- Seguimento de materiais perigosos, desde a partida ao destino.

Para um bom desempenho destes STI é necessário providenciar informação precisa e detalhada de um maior número possível de variáveis referentes ao tráfego, informações que dependem necessariamente dos métodos de aquisição destes dados.

Essencialmente existem dois métodos de aquisição destes dados: obtenção de informação num dado ponto de uma via e rastreamento de veículos:

- i) A primeira técnica é um método que consiste no levantamento do número de veículos e da velocidade a que circulam num dado ponto da via. Possui como maior desvantagem a limitação de estar confinada aos pontos onde se encontram e à reduzida informação que disponibiliza.
- ii) A segunda técnica, mais evoluída, consiste na utilização de veículos de teste, podendo estes ser veículos especificamente destinados a ir a diversos locais de modo a obter dados, os *probe vehicles*, ou então veículos normais que efectuem percursos normais do dia-a-dia efectuando ao mesmo tempo a aquisição de dados, denominados de *floating vehicles*. É a técnica de aquisição de dados mais usada, uma vez que permite a obtenção de dados precisos e de uma maior quantidade de informação (consumo de combustível, mudança usada, etc.). No entanto tem como principal desvantagem o número limitado de veículos usados para obter informação, já que é incomportável um número elevado de veículos, que levam a que a área documentada seja limitada, e a que a informação obtida não seja representativa do estado do tráfego actual. Como facilmente se verifica a utilização desta técnica é um processo que necessita de técnicos especializados na matéria e equipamento dispendioso.

O presente trabalho pretende substituir este equipamento dispendioso por um dispositivo de baixo custo e que pode ser manuseado por utilizadores não especializados, permitindo assim obter uma grande quantidade de informação a um baixo custo.

1.2 Motivação

Tem sido realizada alguma investigação no âmbito dos STI no sentido de desenvolver sistemas de gestão e informação de tráfego, e de criar estratégias operacionais adequadas para lidar com os problemas que resultam de situações de congestionamento. Algumas aplicações dos STI, tais como o controlo dinâmico de tráfego e a orientação de percursos, têm vindo a ganhar cada vez mais importância como ferramentas eficientes para a gestão de tráfego.

Com o constante crescimento da cidade de Aveiro tem-se verificado um aumento significativo do tráfego em certas zonas, o que leva consequentemente a um aumento de congestionamentos, acidentes e todas as situações resultantes de tal conjuntura.

Como tal, tem-se para esta dissertação como principal motivação a implementação de um protótipo que permita um melhoramento do tráfego em Aveiro, levando a um aumento da qualidade de vida de toda a população, assim como de todas as vantagens socioeconómicas inerentes a um sistema destes.

1.3 Objectivos

O principal objectivo deste trabalho é dar uma contribuição para a evolução dos sistemas de controlo e gestão de tráfego, nomeadamente na zona da cidade de Aveiro.

Para tal esta dissertação incide sobre o desenvolvimento de um sistema capaz de efectuar o registo de ocorrências inerentes ao tráfego urbano, tais como acidentes, congestionamentos, actividades na estrada, entre outras, permitindo também o levantamento de inventário rodoviário, semáforos, passadeiras, pontes, sinais de trânsito, etc.

Este sistema deverá permitir a visualização em tempo real de todas as situações referidas anteriormente num mapa da área de estudo.

1.3.1 Objectivos Específicos

Para responder a todos estes requisitos o protótipo desenvolvido é resultante do:

- Desenvolvimento e implementação de uma aplicação para PDA que permite o levantamento de inventário rodoviário (semáforos, passadeiras, etc.) e registo de ocorrências (acidentes, tráfego, actividades, etc.).
- Desenvolvimento e implementação de uma aplicação Windows que permite a recepção da informação enviada pelo PDA e que efectua a descodificação e armazenamento das mensagens numa base de dados SQL.
- Desenvolvimento de uma aplicação Web que permite o visionamento de mapas construídos em ArcGIS, cujo conteúdo seja baseado em informações obtidas através do levantamento efectuado com o PDA (levantamento de inventário e ocorrências).

De um modo geral a localização das ocorrências registadas é efectuada através de tecnologia GPS e a comunicação de dados através de uma ligação GSM. A informação recolhida é armazenada no SIG estruturado para o efeito. Disponibiliza-se também a possibilidade de efectuar um levantamento *off-line* de informação da rede de transportes, como por exemplo, localização de sinalização, que é mapeada no SIG após recolha. Esta componente de recolha GPS *off-line* dirige-se à recolha de dados cuja relevância de obtenção em tempo real é praticamente nula.

1.4 Estrutura da dissertação

Após uma breve introdução no início do presente capítulo e após o enquadramento e a fundamentação do trabalho a ser realizado, bem como a definição dos objectivos que esta tese se propõe, surgem:

- **O capítulo II – Gestão de Tráfego Urbano** que começa por explorar uma série de conceitos relacionados com a gestão de tráfego.

Neste capítulo vão ser abordados temas como sistemas de transporte inteligentes já existentes assim como breve referências a estudos efectuados na área.

Será dado especial ênfase aos Sistemas de Informação Geográficos para Transportes (SIG-T) já que o resultado final do trabalho descrito nesta dissertação será apresentado num sistema destes.

O capítulo continua com a descrição de técnicas de aquisição de dados relevantes para o estudo do tráfego, nomeadamente com a técnica de veículos flutuantes, que permite a aquisição de dados de tráfego *online* e *offline*.

Por fim será focado o tema da integração de sistemas GPS com sistemas de informação geográficos, através de dispositivos móveis (PDA), abordando-se sistemas e protótipos já existentes que usem este tipo de integração.

- **O capítulo III - Conceptualização e Desenho do Protótipo** que apresenta um método para o desenvolvimento da solução de *software* a desenvolver. O processo baseia-se na utilização da notação *UML* e técnicas associadas.
No início do capítulo temos uma breve descrição dos requisitos que o sistema terá de respeitar, bem como todo um conjunto de funcionalidades e restrições que a plataforma irá possuir.
Seguidamente é ilustrada uma visão geral do sistema a implementar através de *use cases*. Posteriormente procede-se à verificação de uma série de requisitos suplementares mas essenciais no âmbito geral do protótipo e à apresentação do modelo de dados.
- **O Capítulo IV – Implementação do Protótipo** que descreve em termos gerais o modo como o protótipo foi implementado, dividindo-se em três partes: Camada de Acesso a dados onde se descreve a implementação da *BD*; Camada de negócio onde se contextualiza a lógica envolvente utilizada para desenvolver a aplicação; Camada de apresentação em que se descreve cada uma das áreas da aplicação desenvolvida e a verificação dos requisitos implementados.
- **O capítulo V – Conclusões e Trabalho Futuro** que é dedicado à descrição das conclusões após a elaboração desta dissertação. No final é também apresentada uma série de sugestões para trabalho futuro.

Capítulo II – Gestão de Tráfego Urbano

Cada indivíduo tem as suas próprias ideias no que diz respeito a deslocações, sendo que varia de indivíduo para indivíduo a distância, o destino, o modo e o caminho escolhido para cada deslocação.

Qual o fluxo da rede de tráfego? Quais os serviços prestados? Que capacidade é necessária numa determinada rede de tráfego? Que se pode fazer de modo a melhorar a rede de tráfego? Como é possível controlar o tráfego urbano em tempo real?

Do ponto de vista da compreensão do comportamento do tráfego todas estas questões são de maior relevância, já que associadas às escolhas efectuadas por cada indivíduo leva a entender o modo operacional de uma rede de tráfego urbano [2].

A principal preocupação na gestão de tráfego urbano é o desenvolvimento de um sistema de transportes eficiente e equilibrado para uma dada área urbana.

2.1 Sistemas de Transporte Inteligentes (STI)

O principal objectivo dos Sistemas de Transporte Inteligentes (STI) é, de uma forma simplificada, o melhoramento do sector dos transportes em geral, ou seja, visa uma optimização de toda a estrutura responsável pelo transporte de pessoas e bens, como já foi referido no capítulo anterior.

Um dos organismos mais importantes para o desenvolvimento desta área, a ITS América (Intelligent Transportation Society of America), apresenta a seguinte definição para estes sistemas [3]:

“Os STI englobam uma vasta área de tecnologias de informação, comunicações e controlo. Estas, quando integradas nas infra-estruturas dos sistemas de transporte e nos próprios veículos, ajudam a monitorar o fluxo de tráfego, reduzir congestionamentos, sugerir alternativas aos viajantes, aumentar a produtividade, salvar vidas, poupar tempo e dinheiro, reduzindo os impactos na saúde e no ambiente”.

O êxito no desenvolvimento e aplicação destas tecnologias poderá ser a chave para resolver muitos dos problemas de transporte dos nossos dias. As potencialidades dos STI para encontrar soluções para os transportes europeus do século XXI são apontadas no documento “A política europeia de transportes no horizonte 2010: a hora das opções” publicado pela Comissão Europeia em 2003. Numa abordagem visando o aperfeiçoamento do sistema europeu de transportes, devem ser encaradas três questões principais [4]:

- **Segurança** – o transporte rodoviário é claramente o meio de transporte com maiores custos em termos de segurança, vitimando 40 000 pessoas por ano na Europa;
- **Poluição e saúde** – actualmente existe um grande consenso sobre o facto de a emissão de gases nocivos constituir um perigo real para o futuro da humanidade. Verifica-se um aumento dos problemas respiratórios nas zonas urbanas e, num mundo em que as viagens são uma necessidade quotidiana, o congestionamento crescente do tráfego leva a situações de stress cada vez mais frequentes;

- **Congestionamentos** – os engarrafamentos que se registam nos principais itinerários continuam a ser um problema de fundo e o congestionamento urbano e interurbano exige uma acção imediata.

Uma melhor informação e uma maior fluidez do tráfego tornarão mais previsíveis a duração dos percursos, reduzindo o nervosismo dos condutores e permitindo uma melhor coordenação entre os viajantes e os que aguardam a sua chegada. A redução do congestionamento implicará também uma utilização mais eficiente do combustível, diminuindo os custos de funcionamento e as emissões nocivas. Os STI podem também alertar antecipadamente para a ocorrência de acidentes rodoviários e outros incidentes, através de painéis de mensagens variáveis, permitindo aos condutores reduzir a velocidade antes de se depararem com o tráfego parado, diminuindo assim o número de acidentes secundários [5].

2.1.1 – Objectivos dos STI

Os principais objectivos dos STI, que também podem ser considerados benefícios, resumem-se principalmente a melhoramentos a nível de segurança (acidentes e fatalidades), diminuição dos atrasos, redução de custos, aumento da capacidade efectiva das vias e benefícios ambientais [6].

- **Segurança** - Um dos principais objectivos dos STI é o melhoramento da segurança nas viagens. Infelizmente acidentes e fatalidades são ocorrências inevitáveis. Os STI ajudam a minimizar a sua ocorrência e a diminuir a probabilidade de ocorrer uma fatalidade caso se verifique o acidente.
- **Atrasos** – Diminuição dos atrasos e consequente redução dos tempos de viagem são alguns dos objectivos destes sistemas.
- **Custos** – A implementação de STI reduz frequentemente custos de operação e permite um aumento da produtividade, já que normalmente possuem um custo de aquisição mais baixo quando comparados com outros sistemas, apresentando também um custo de manutenção reduzido.
- **Capacidade Efectiva** – Os STI levam a uma optimização do uso da rede existente de modo a evitar a construção de novas infra-estruturas. Esta optimização é conseguida aumentando a capacidade efectiva da infra-estrutura.
- **Benefícios Ambientais** – Os STI produzem, indirectamente, efeitos positivos no ambiente do planeta, já que, levando a uma optimização do tráfego permite uma redução no consumo de combustíveis, produzindo consequentemente menos emissões de CO₂. Como diminuem a necessidade de construção de novas infra-estruturas é possível manter os limites das cidades impostos pelo seu ambiente natural.

2.1.2 – Evolução Histórica

Os primeiros STI surgiram nos anos trinta e desde então tem-se verificado a sua constante evolução, inicialmente mais lenta devido à tecnologia disponível não

permitir a implementação de soluções projectadas na altura. O desenvolvimento e aperfeiçoamento destes sistemas foram efectuados, em grande parte, em países Europeus, Estados Unidos da América e Japão, sendo que ao longo desta evolução se podem destacar três fases: preparação, estudo de viabilidade e desenvolvimento de sistemas, como se pode verificar na Figura 1:

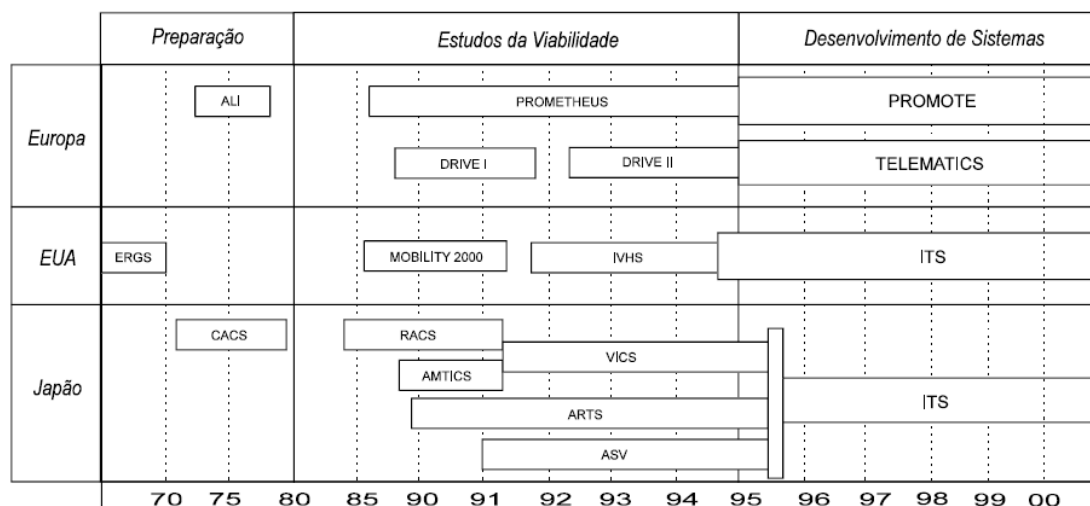


Figura 1 - Evolução dos STI ao longo dos anos [4]

• Preparação (1930-1980)

Pode ser considerado o primeiro período de desenvolvimento dos STI. Nesta altura, devido à pouca evolução tecnológica, a construção de novas estradas era a estratégia a seguir em detrimento do investimento em STI.

Considerados os pioneiros dos STI, em 1928 surgiram os primeiros semáforos. Mais tarde, em 1939, foi apresentado o conceito de sistemas de estradas automáticas (AHS). No entanto, considera-se que o desenvolvimento dos STI só teve início na década de 60, nos EUA, com o surgimento da primeira sinalização de tráfego controlada por computador.



Figura 2 - Primeiro semáforo numa rua de Nova York em 1928 [3]

A partir do final da década de 60 verificou-se uma grande evolução destes sistemas. Estudos e protótipos, como o ERGS (*Electronic Route Guidance Systems*), nos EUA, que fazia uso de um sistema de comunicação estrada/veículo de duas vias. Na década de 70, um dos principais propulsores foi a evolução tecnológica uma vez que com o desenvolvimento dos microprocessadores e dos primeiros sistemas GPS (*Global Positioning System*) permitiu o surgimento de diversos sistemas como o CACS (*Comprehensive Automobile Traffic Control System*), no Japão, e o ALI (*Autofahrer Leit und Information System*), na Alemanha [7].

- **Estudo da viabilidade (1980 - 1995)**

Esta fase é caracterizada pela explosão na área de desenvolvimento de programas, subsidiados não só por governos de diversos países mas também por várias empresas privadas.

Na Europa, governos, empresas e universidades de 19 países estabeleceram o programa PROMETHEUS (*Program for European Traffic with Efficiency and Unprecedented Safety*). Ao abrigo deste programa surgiram vários projectos, como o VaMoRs, em Munique, e o VITA II, cujo principal objectivo era o seguimento automático do veículo no centro da faixa de rodagem, mantendo a distância de segurança. Seguiram-se os projectos ARGO e DRIVE (*Dedicated Road Infrastructure for Vehicle Safety in Europe*) com o objectivo de desenvolver e testar um sistema de comunicação que permitisse assistência de condução e gestão de tráfego. A organização de fundos públicos e privados ERTICO (*European Road Transport Telematics Implementation Coordination Organization*) foi criada na Europa, com o objectivo de apoiar a implementação do projecto Europeu de Telemática de Transportes (*Europe's Transport Telematics Project*) [7].

Nos EUA, nos finais da década de 80, a equipa de desenvolvimento *Mobility 2000* criou as bases para a IVHS America (*Intelligent Vehicle Highway Systems*), com o principal papel de consolidar os STI nos EUA e promover a cooperação a nível internacional na área destes sistemas, mudando, em 1994, o nome para ITS America (*Intelligent Transportation Society of America*). Vários projectos foram desenvolvidos, e, um dos principais, o AHS (*Automated Highway System Consortium*), levou ao desenvolvimento de vários veículos autónomos, demonstrados em auto-estradas da Califórnia.

No Japão, também na década de 80, foram levados a cabo vários projectos, nomeadamente o RACS (*Road Automobile Communication System*) pelo Ministério das Obras Públicas e o AMTICS (*Advanced Mobile Traffic Information and Communication System*) pela Agência Nacional de Polícia. Nos anos 90 deu-se a junção destes dois projectos no VICS (*Vehicle Information and Communication System*). Este sistema permitia visualizar as coordenadas do veículo num mapa digital, comunicando com uma estação principal de modo a poder planear percursos em tempo real baseado em condições de tráfego actuais.

Outros projectos foram desenvolvidos no Japão, como o ARTS (*Advanced Road Transportation System*) cujo objectivo foi o desenvolvimento de sistemas de tráfego com integração de veículos e estradas, e o ASV (*Advanced Safety Vehicle*) com o propósito de desenvolver tecnologias de segurança.

Algumas organizações industriais e académicas criaram a sociedade VERTIS (*Vehicle, Road and Traffic Intelligent Society*), que em 2003 se passou a designar por ITS Japan e cuja função é apoiar e realizar actividades que promovam o

desenvolvimento dos STI, nomeadamente, a troca de informação com os seus homónimos Europeus e Americanos, ERTICO e ITS América, respectivamente.

Em 1996, o Ministério das Obras Públicas do Japão e vinte e uma grandes organizações, nomeadamente, a Toyota, a Nissan, a Honda e a Mitsubishi, constituíram a associação *Advanced Cruise-Assist Highway System Research Association*, e desde então têm vindo a desenvolver vários veículos totalmente autónomos para circular em auto-estrada [7].

- **Desenvolvimento de sistemas (1995 - presente)**

Como é possível verificar, na fase anterior foram levados a cabo vários projectos que permitiram uma evolução de conhecimentos e técnicas, levando ao desenvolvimento dos STI nos anos seguintes.

Em meados dos anos 90 adoptou-se uma política unificada para o desenvolvimento consistente dos STI.

Em toda a União Europeia já se encontram STI implementados ou ainda em fase de desenvolvimento, sistemas estes que têm como principal objectivo a melhoria da gestão de tráfego através da disponibilização de informações aos passageiros antes e durante as suas deslocações, assim como o melhoramento da segurança rodoviária. Como exemplo para estes sistemas temos o SERTI – Serviços de informação transfronteiriço na costa mediterrânica, abrangendo a França, a Riviera Italiana e a Catalunha; o CENTRICO – Serviços de informação sobre a travessia do canal da mancha; o STREETWISE – Serviços de Informação no Reino Unido; o VIKING – Serviços de informação a viajantes no Norte da Europa, o CORVETTE – Cooperação transfronteiriça nos Alpes e o CONNECT. Na Figura 3 podem ser observados os diferentes projectos e respectivas áreas abrangentes.

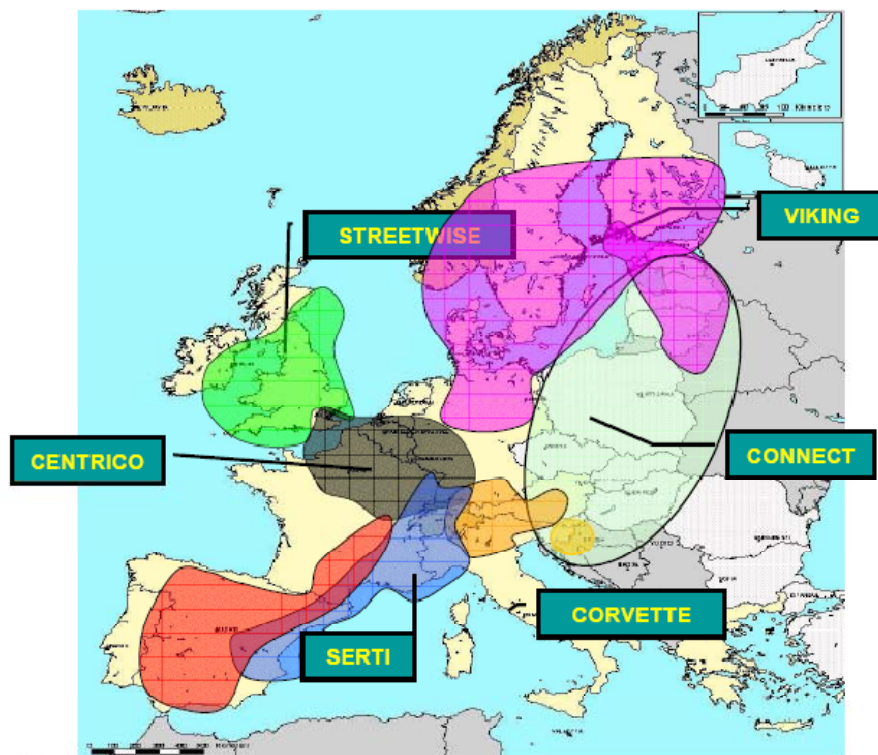


Figura 3 - Projectos de STI existentes na União Europeia [8]

No Japão os principais STI em funcionamento são o VICS (*Vehicle Information and Communication System*), o ETC (*Electronic Toll Collection System*), idêntico ao sistema Via Verde conhecido em Portugal e o AHS (*Advanced Cruise-Assist Highway System*). O primeiro fornece informação em tempo real, fácil de entender e que o condutor do veículo necessita, Figura 4. Tem como principal objectivo dispersar o tráfego, levando à fluidez do mesmo. O número de veículos com este sistema tem aumentado gradualmente atingindo em 2007 dezoito milhões de unidades, Figura 5.

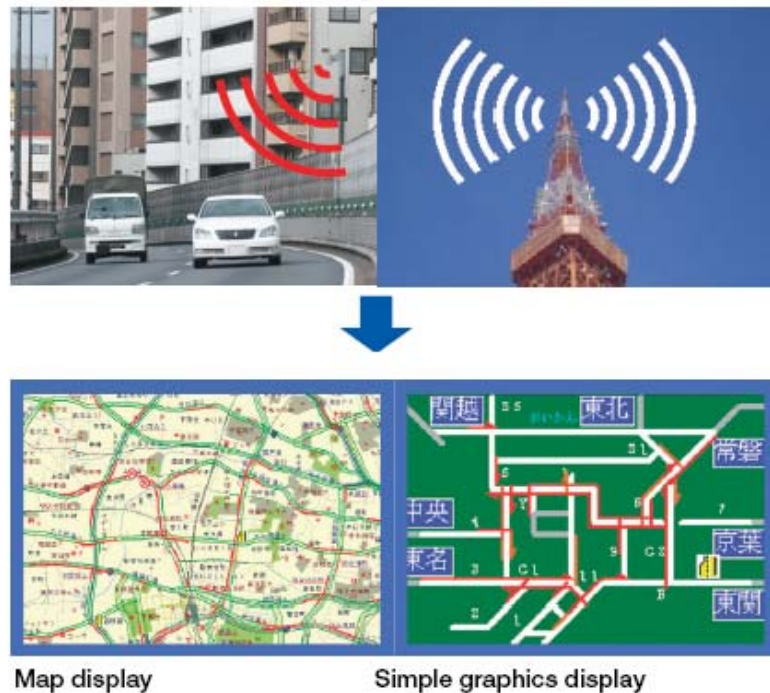


Figura 4 - Modo de funcionamento do VICS [9]

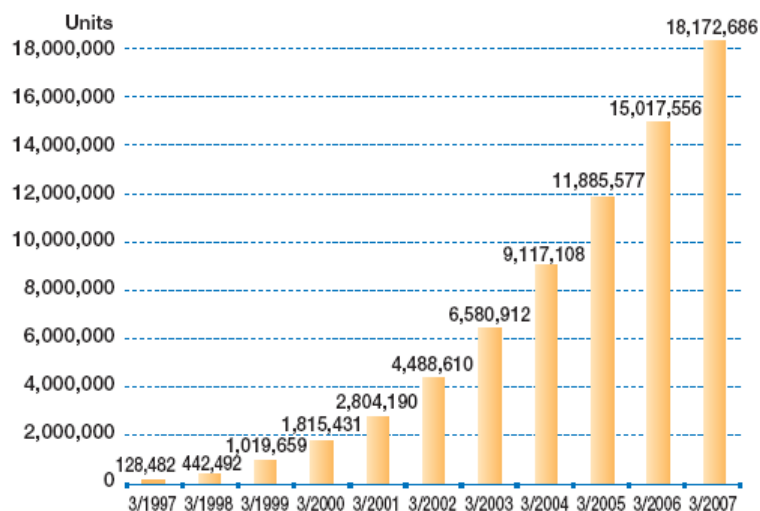


Figura 5 - N° de unidades VICS instaladas [9]

O AHS tem como principal objectivo apoiar o condutor através do aviso de acidentes em tempo real, fazendo uso da coordenação entre veículos e vias. O modo de funcionamento é visível na Figura 6.

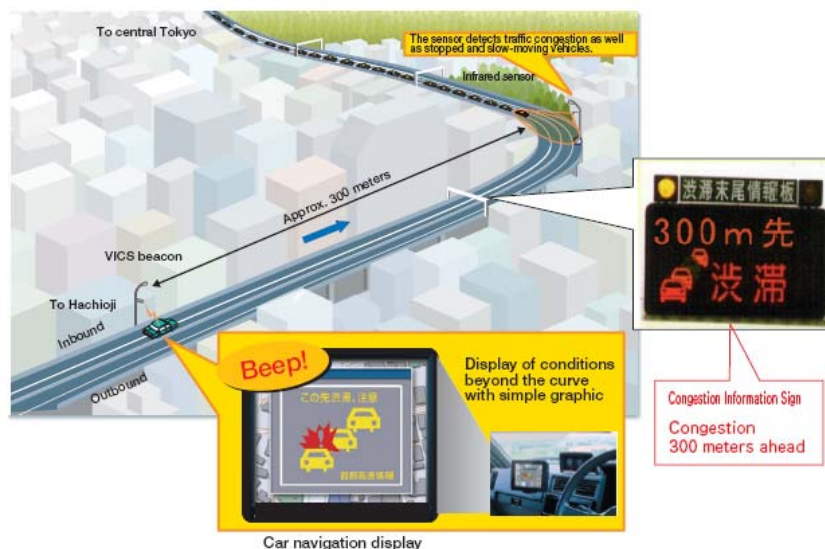


Figura 6 - Modo de funcionamento do AHS [9]

Nos EUA quase todos os estados têm o seu próprio STI, sendo que surgiu a necessidade de diferenciar os vários sistemas existentes tendo em conta a sua área funcional. Sendo assim, surgiram o ATMS (*Advanced Transportation Management Systems*), o ATIS (*Advanced Traveler Information Systems*), o AVCS (*Advanced Vehicle Control Systems*), o CVO (*Commercial Vehicle Operations*), o APTS (*Advanced Public Transportation Systems*) e o ARTS (*Advanced Rural Transportation Systems*).

2.1.2 – STI em Portugal

Em Portugal existem vários Sistemas de Transporte Inteligentes, sendo que os mais conhecidos pela população em geral são o sistema Via Verde, disponibilizado pela Brisa, o Sistema Avançado de Gestão de Tráfego (SAGT) da ponte Vasco da Gama e o sistema de informação em tempo real da rede de transportes fornecido pela Estradas de Portugal.

O sistema Via Verde, disponibilizado a partir de 1991, viu o processo de implantação concluído no Verão de 1995, passando a partir dessa altura todas as portagens de Portugal a possuir este sistema. Com a conclusão da implementação, Portugal tornou-se pioneiro a possuir uma rede integrada de portagens electrónicas, já que um veículo que possua um sistema destes pode efectuar o pagamento das taxas de portagens de uma forma automática, sem que o veículo tenha de parar, e, através de uma ligação rádio entre a unidade de bordo (o identificador colocado na viatura) e o equipamento instalado na via, são geradas as transacções correspondentes às taxas de portagem, Figura 7. Actualmente surge a possibilidade de acrescentar à utilidade da Via

Verde o pagamento em postos de distribuição de combustíveis (em parceria com a Galp) e em parques de estacionamento [10].

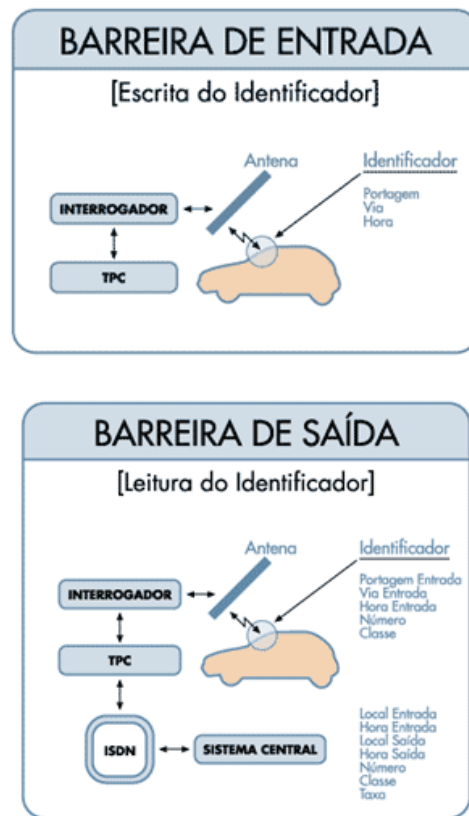


Figura 7 - Funcionamento da Via Verde [10]

Relativamente ao SAGT da ponte Vasco da Gama, este é constituído por um sistema de vigilância controlado pela Lusoponte/Gestiponte e pela GNR-BT, através de 87 câmaras de Vídeo que se encontram ligadas a monitores instalados na Sala de Controlo e no posto fixo da GNR-BT. Um sistema de Detecção Automática de Incidentes (DAI) alerta os operadores em caso de paragem de tráfego, Figura 8. Ao longo da Ponte e em ambos os sentidos encontram-se instalados 73 postos de telefones de emergência (S.O.S.) ligados à sala de controlo de tráfego, distanciados entre si de 400 metros no tabuleiro e de 800 nos acessos, existindo ainda 8 pórticos equipados com semáforos e painéis de velocidade variável [11].



Figura 8 - Sala de controlo de tráfego da ponte Vasco da Gama [11]

O Centro de Controlo e Informação de Tráfego da Estradas de Portugal acompanha, em tempo real, as condições de circulação rodoviária através do Sistema Integrado de Controlo e Informação de Tráfego. Este Sistema permite monitorizar as condições de circulação rodoviária nos principais eixos rodoviários nacionais, através de algumas centenas de câmaras e de sensores de tráfego. Simultaneamente, os utilizadores da estrada são informados acerca das condições de circulação que vão encontrar nas estradas, através dos painéis de sinalização de mensagem variável, da internet e dos telemóveis, contribuindo-se assim, para o reforço da segurança rodoviária e para o aumento do conforto na utilização das vias rodoviárias, Figura 9 [12].



Figura 9 - Mapa da estrada e visualização da zona pretendida [12]

Este último sistema além de ser considerado um STI é também denominado de Sistema de Informação Geográfico para Transportes (SIG-T), já que alia as características dos STI com os SIG. Este tipo de sistema vai ser alvo de uma descrição mais pormenorizada no ponto 2.2 deste capítulo.

2.2 Sistema de Informação Geográfico para Transportes (SIG-T)

De um modo geral, Sistemas de Informação Geográficos (SIG) são sistemas de informação especializados no armazenamento, manipulação, análise e publicação de dados espaciais e temporais. Têm como principal vantagem a possibilidade de gerar informações que permitem obter soluções rápidas e precisas para vários problemas, facilitando o processo de tomada de decisões em diversas áreas, tais como Geologia, Agricultura, Engenharia Civil, etc.

Entre as diversas áreas de aplicação, os SIG podem ser usados na problemática dos transportes, aliando as tecnologias de informação geográfica (referências espaciais) a sistemas de transporte inteligentes, Figura 10.

Os SIG-T permitem, de um modo geral, cobrir toda a problemática criada no sector dos transportes, já que este tipo de sistema pode ser usado no planeamento, desenvolvimento e manutenção de infra-estruturas, controlo e análise de tráfego, estudos na área de segurança na gestão do tráfego, situações de impacto ambiental, referindo apenas alguns domínios de aplicação destes sistemas [13].

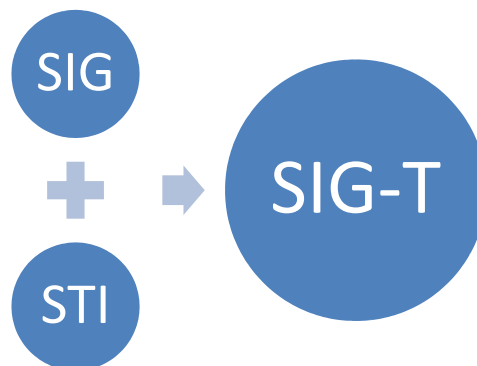


Figura 10 - SIG-T

A principal vantagem deste tipo de sistemas relativamente aos sistemas tradicionais é a rapidez e a flexibilidade, uma vez que a sua utilização oferece novos conceitos de representação gráfica e manipulação de dados.

Agências governamentais, institutos de pesquisas e indústrias privadas são algumas das entidades que regularmente desenvolvem e utilizam SIG-T. Estes sistemas podem envolver qualquer tipo de transporte (frotas de transporte, automóveis, autocarros, comboios, barcos, aviões, etc.), ou considerar outros assuntos relacionados com a área dos transportes, nomeadamente estado do pavimento, sinais de trânsito e actividades na via. Os SIG-T podem ser usados para monitorizar acidentes actuais ou obter históricos, podendo também servir com ponto de partida para o planeamento de redes de transportes futuras.

Um SIG-T vocacionado para a gestão de tráfego, numa cidade como Aveiro, por exemplo, tem de abranger uma série de áreas de modo a ser possível gerir um conjunto de situações que podem piorar significativamente as condições de tráfego

Erro! A origem da referência não foi encontrada.]:

- **Rede Rodoviária** – pode-se considerar o fundamento de qualquer SIG-T, uma vez que todas as outras áreas se encontram necessariamente ligadas a um ponto ou zona da rede em que se inserem.
- **Conjunto de Activos** – engloba todos os objectos físicos, que embora presentes na rede rodoviária, não fazem parte desta. Painéis de informação, semáforos, sinais de stop, barreiras delimitadoras, etc.
- **Infra-estrutura** – constituída por redes de transportes públicos, canais e rios navegáveis, sistemas de drenagem, pontes e túneis, etc.
- **Actividades** – engloba todas as actividades que podem ocorrer nas vias, que, se não forem devidamente contempladas, pode levar a graves problemas no tráfego. Incluem actividades como construções, trabalhos na via ou eventos especiais.
- **Incidentes** – ocorrências como acidentes, derrames na via e avarias reportadas em tempo útil às entidades necessárias leva, não só a uma

rápida intervenção de unidades de emergências como também, a uma melhor regulação do tráfego.

- **Objectos Móveis** – englobam tudo o que se desloca na via, desde veículos a peões.
- **Nome de Ruas e Moradas** – é importante neste tipo de aplicações não só ter um nome descritivo da zona, mas também uma caracterização pormenorizada de toda a rede.

Um SIG-T, para ser considerado um sistema altamente funcional, tem de possuir informação de elevada qualidade e altamente actualizada, de modo a que requer um método viável de recolha de informação que de um modo ou de outro pode levar a uma melhor gestão de situações inerentes ao tráfego. Assim, o próximo ponto deste capítulo é dedicado a métodos de aquisição de dados para SIG-T.

2.3 Aquisição de Dados para SIG-T

Geralmente é muito complicado obter dados actualizados relativos a tráfego e relativos a uma grande área. Interrupções no fluxo de tráfego, por exemplo, são em grande parte detectadas tardiamente pela polícia ou reportados por pessoas equipadas com telemóveis, levando a que a aquisição de dados seja limitada e em grande parte incompleta, limitando o desempenho dos SIG-T. Os condutores apresentam, usualmente, queixas de que as mensagens relevantes de condições de tráfego não são de todo transmitidas ou que, são informados tardiamente pelo rádio, sendo que, muitas vezes, são tentados a mudar de rota para contornar os problemas, e encontram zonas com os mesmos ou outros problemas de tráfego.

Este tipo de problemas tem levado os operadores deste tipo de sistemas a aumentar os esforços de modo a permitir a aquisição de informação através de sistemas capazes de suprimir falhas existentes nas informações dos SIG-T.

Essencialmente existem dois métodos para a aquisição de dados, sendo que, a sua selecção depende da equipa que gere os sistemas [14].

2.3.1 Sensores de velocidade de ponto fixo

Este tipo de método de aquisição de dados possui geralmente as seguintes características:

- O volume de tráfego é medido directamente.
- Velocidade de circulação é inferida através do volume de tráfego baseada no comprimento médio dos veículos.
- Tempo de viagem é inferido através do uso de uma rede de sensores.
- A qualidade da informação obtida depende directamente da densidade de sensores existentes na rede.
- É necessária a instalação de equipamento na via.
- Este método de aquisição de dados acarreta uma série de custos que ao longo do tempo são elevados.
- Requer uma constante manutenção dos equipamentos usados.

Actualmente existem vários sistemas que usam este tipo de aquisição de dados, baseados em radares e vários tipos de sensores, de velocidade, acústicos, entre outros.

Este tipo de método é de fácil instalação, já que os dispositivos necessários são instalados fora das vias de circulação em estruturas adjacentes, como postes de luz e sinais, minimizando assim as interrupções no fluxo de tráfego durante a sua instalação e manutenção. Geralmente, estão associados a estes dispositivos sistemas de comunicação sem fios e painéis solares, de modo a diminuir os gastos de suporte dos dispositivos.

Como principal desvantagem deste tipo de método de aquisição de dados surge o leque de informação que este fornece, sendo que a informação está confinada essencialmente a velocidade, número de veículos e tempos de viagem. De modo a suprimir as falhas que este método acarreta têm sido cada vez mais as investigações, desenvolvimentos de protótipos e utilização efectiva em sistemas SIG-T de veículos equipados com dispositivos que permitem a aquisição de um grande conjunto de dados relativos ao tráfego e para áreas consideráveis, denominados veículos flutuantes.

2.3.2 Aquisição de dados usando veículos flutuantes

Este método consiste em utilizar veículos que “flutuam” (*floating cars*) com o tráfego de modo adquirir dados importantes relativos ao trajecto que efectuam.

Os principais utilizadores deste tipo de método de aquisição de dados são empresas com uma vasta frota de automóveis, como empresas de transportes, tanto de mercadorias como de passageiros. Cada veículo destas empresas é equipado com um dispositivo englobando um receptor GPS que comunica, quando necessário, com a central de informação para enviar os dados relevantes, variando estes desde condições de tráfego até informações referentes ao serviço efectuado. No entanto, ao longo dos últimos anos, tem-se tornado uma das principais preocupações das grandes empresas fabricantes de automóveis, como a BMW e a DaimlerChrysler, oferecer aos clientes um sistema de informação de tráfego através da integração nos seus veículos de dispositivos que permitam o levantamento e envio de uma grande quantidade de dados referentes não só ao veículo em si como também relativos a diversos aspectos importantes na avaliação das condições de tráfego.

Um destes sistemas, o XFCD (Extended Floating Car Data), implementado pela BMW, para além das informações normais como a velocidade e tempo de percursos, tem a possibilidade de enviar outro tipo de informações obtidas através de sistemas e sensores integrados nas suas viaturas, Figura 11.

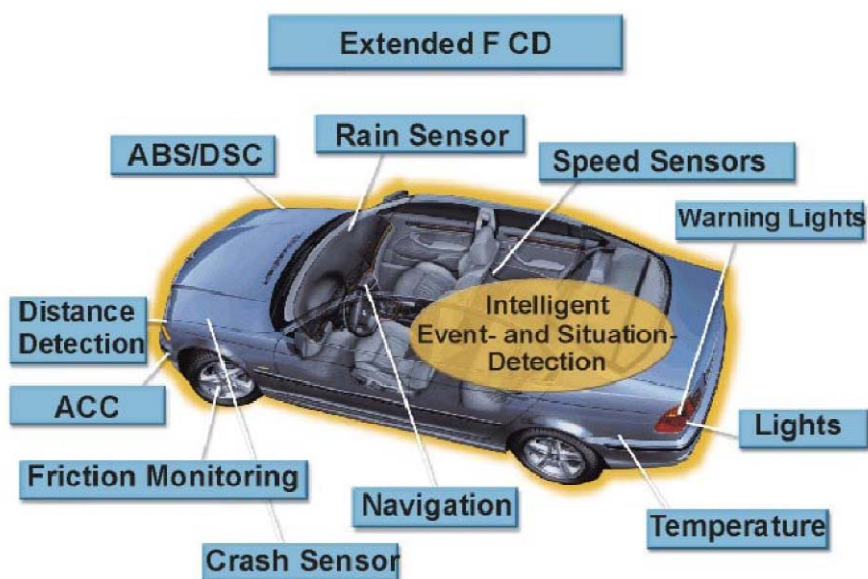


Figura 11 - Sistema de aquisição de dados da BMW [15]

Tipicamente estes dados são obtidos através de [15]:

- Sensores de chuva e temperatura.
- Sistema de luzes do veículo (nevoeiro e travagem).
- Rede de sensores do sistema que controla a dinâmica do veículo.
- Sistemas de auxílio de condução (ABS, ESP, controlo de tracção, etc.).

Após adquirir e tratar esta informação é possível obter dados relativos não só às condições de tráfego como também obter uma visão detalhada sobre congestionamentos, condições climáticas como gelo, neve e chuvas intensas, que podem levar ao *aquaplaning*, e permitindo ainda descrever situações de visibilidade reduzida ou de condições da estrada. Através de algoritmos especificamente desenvolvidos podem ser inferidos eventos específicos. Por exemplo, se um sistema de controlo de tracção é activado a uma baixa temperatura exterior, adicionando ainda a frequência de funcionamento dos limpa vidros e a velocidade de circulação do veículo, pode-se concluir a existência de um certo risco de a via estar escorregadia.

Toda esta informação é enviada para o centro de controlo da BMW, sendo posteriormente retransmitido a todos os utilizadores na área referente, Figura 12.

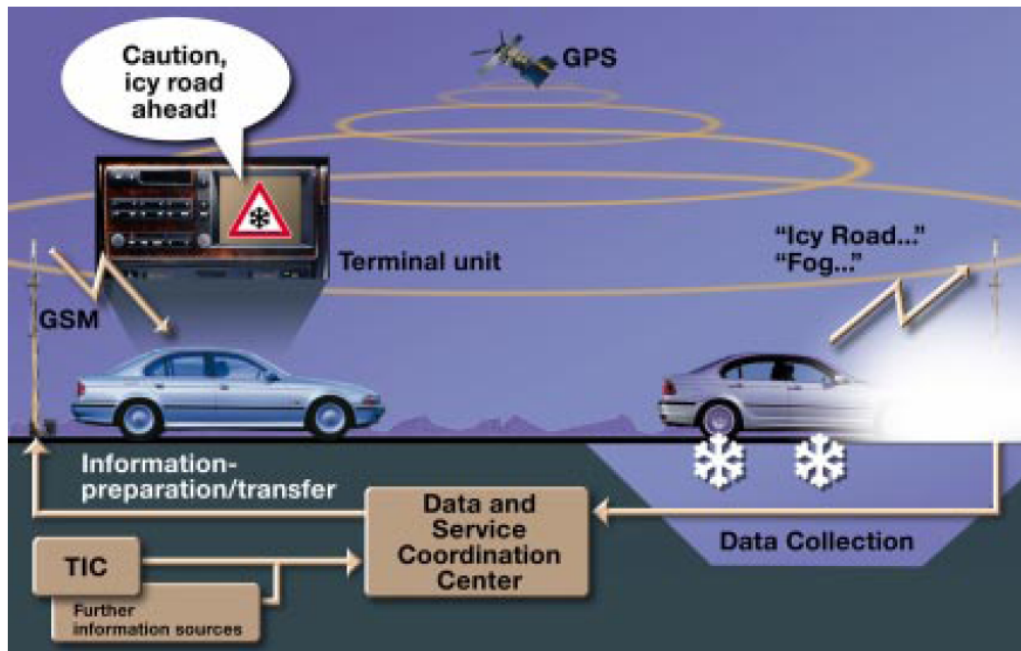


Figura 12 - Modo de funcionamento do sistema de informação da BMW [15]

O principal problema deste tipo de sistemas é o seu custo de desenvolvimento, implementação e manutenção, motivo pelo qual somente se encontram nos veículos de gama alta, impossibilitando assim que a maior parte da população possa usufruir das vantagens que advêm de sistemas do género.

De modo a tentar minimizar este tipo de problema e com o avanço da tecnologia em redes de comunicação móvel nomeadamente CDMA, GSM, UMTS e GPRS qualquer telemóvel, PDA ou SmartPhone facilmente se transforma numa fonte viável de aquisição de dados para os SIG-T. Têm surgido vários estudos e desenvolvimento de protótipos na área de aquisição de informações de tráfego através da integração de dispositivos móveis, GPS e Sistema de Informação Geográficos (SIG).

2.4 Integração PDA, GPS e SIG na aquisição móvel de dados

Como já foi referido no capítulo anterior, a maior parte dos sistemas de aquisição de dados dedica-se exclusivamente à recolha de informação relativa a tempos de deslocação e velocidades, eventualmente fazendo uso do sistema GPS de modo a obter dados relativos ao percurso de um dado veículo. Posteriormente estes dados GPS são inseridos num sistema de informação geográfico (SIG). O processo é mostrado na Figura 13.

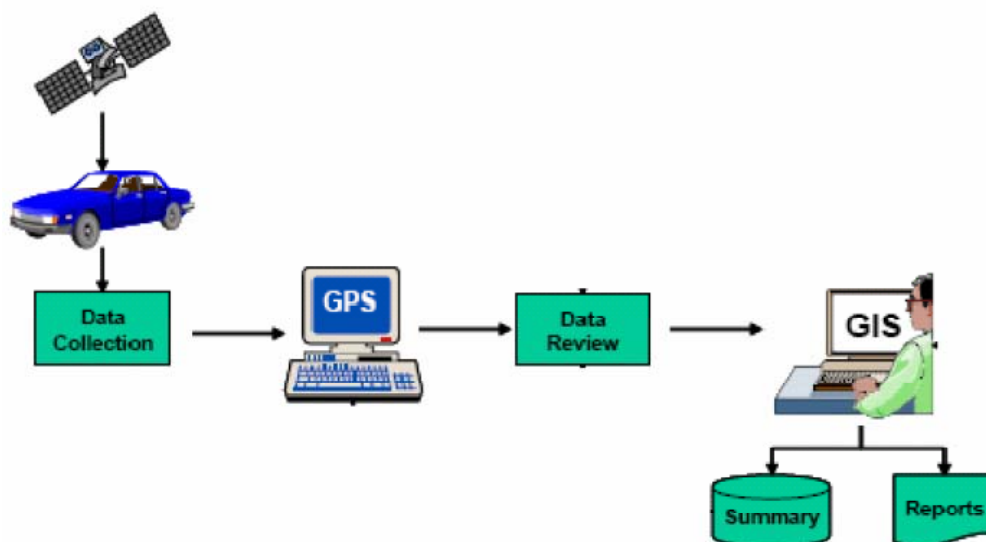


Figura 13 - Processos envolvidos no rastreamento de veículos através de GPS [16]

No entanto, como se tem verificado, este tipo de sistemas que integram GPS e SIG não são de todo capazes de cobrir as necessidades existentes, seja no tipo de informação que o veículo envia para o SIG quer seja o feedback que o veículo recebe do sistema. Confrontados com este tipo de problemas, investigadores na área resolveram inserir um novo dispositivo nesta integração GPS/SIG, que permitisse não só o envio de um amplo leque de informações para o SIG, mas também que fornecesse ao utilizador a capacidade de visualizar no local de utilização, no veículo em que o sistema está inserido, informações relevantes, como por exemplo, mapas com a sua localização e localização de informações anteriormente reportadas. O PDA (*Personal Digital Assistant*) adquiriu, em pouco tempo, consenso, já que através das suas capacidades gráficas e de processamento facilmente permitia a utilização de software de visualização de mapas assim como uma fácil interacção do utilizador com todo o sistema.

Como exemplo desta integração PDA/GPS/SIG temos o protótipo desenvolvido e implementado por Ming-Hsiang Tsou, em 2004, que permite o acesso através de um PDA a uma completa base de dados de imagens e informações SIG, Figura 14, disponibilizando ao utilizador a possibilidade, se necessário, de efectuar alterações em tempo real a informações nessa base de dados [17].

O principal objectivo deste protótipo era demonstrar as potencialidades deste tipo de integração, quer fosse usado por um guarda-florestal para validar, adicionar ou remover a localização de uma planta em vias de extinção ou utilizado por um agente da autoridade para informar a central de comando e controlo da ocorrência de um acidente naquele preciso local.

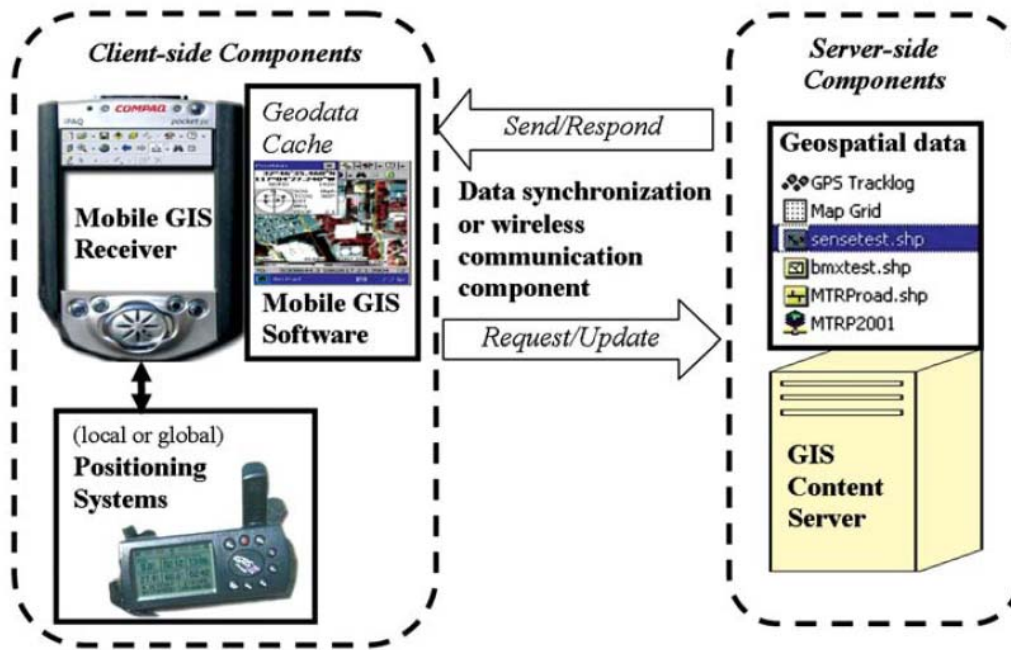


Figura 14 - Arquitectura do protótipo desenvolvido por Tsou [17]

De modo a poder simular as condições reais de um sistema que comunicasse com um SIG, a equipa responsável pelo projecto desenvolveu um sistema portátil capaz de comunicar com o PDA simulando assim o SIG existente numa sala de controlo, Figura 15.



Figura 15 - Solução utilizada para simular a rede de comunicação [17]

Com a realização deste estudo foi possível demonstrar às entidades governamentais locais que é possível obter um sistema móvel que permite, através da interacção do utilizador com o PDA, o acesso à informação necessária no terreno, levando a uma abordagem diferente aos problemas que podem surgir nas diversas áreas onde estes sistemas possam vir a ser utilizados.

Os resultados obtidos foram considerados satisfatórios tendo em atenção as limitações do PDA na visualização de mapas, como é possível verificar na Figura 16.

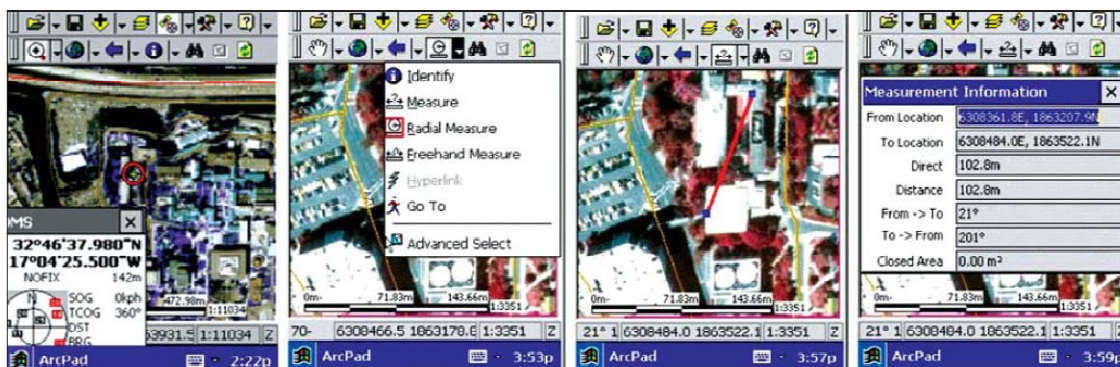


Figura 16 - Funções básicas e resultados obtidos com o protótipo desenvolvido [17]

Outro estudo efectuado na área da integração PDA/GPS/SIG foi efectuada por Thompson [18], sendo que este foi vocacionado especificamente para a área de aquisição de dados de tráfego.

Este estudo vai ser analisado pormenorizadamente dada a sua importância na realização do presente projecto de mestrado, e uma vez que, de todos os trabalhos incluídos na pesquisa, este é o que mais se aproxima da área em estudo.

O principal objectivo do seu trabalho foi desenvolver um protótipo baseado em tecnologias PDA, GPS e SIG que permitisse o levantamento de informação relevante para a caracterização do tráfego numa dada área de teste.

Do trabalho efectuado resultaram dois protótipos, o primeiro baseado em PDA que permitia a recolha de informação GPS e o segundo consistia numa aplicação baseada em PC/GIS para processamento e visualização dos dados recolhidos [18], segundo o modelo representado na Figura 17.

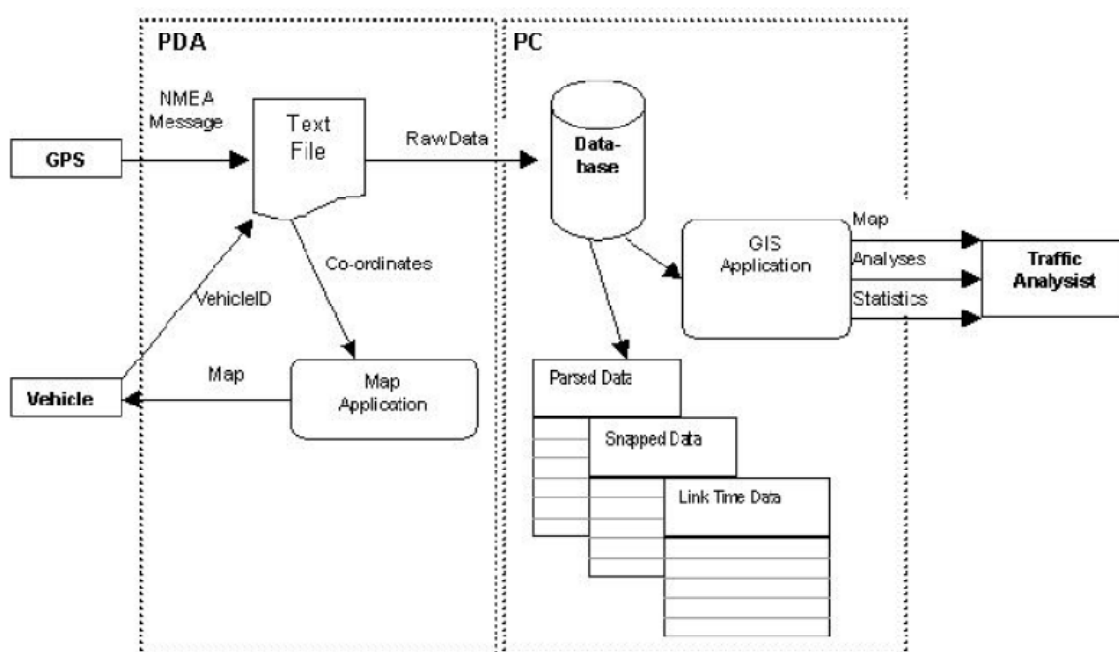


Figura 17 - Modelo segundo o qual os protótipos foram desenvolvidos [18]

O protótipo da aplicação para PDA tinha como principais requisitos o armazenamento da localização através de atributos GPS (mensagens do tipo NMEA), data, hora, longitude, latitude, rota e velocidade num ficheiro de texto, como a representação num mapa da área de estudo das coordenadas e de um ponto marcando a actual localização. Relativamente à aplicação baseada em PC/GIS esta tinha de decodificar e estruturar a informação recebida, através da sincronização local do PDA com o PC, e guardar a informação decodificada numa base de dados da rede rodoviária. Finalmente a aplicação teria de permitir o visionamento da informação analisada.

O princípio de funcionamento de todo o sistema passava por:

- Activar o programa de aquisição de dados, efectuar o *login* e iniciar a aplicação no início de uma viagem com o veículo de teste.
- Acabada a viagem, efectuava-se o *log off* e fechava-se a aplicação.
- Assim que possível descarregava-se a informação do PDA para o PC, através de uma ligação local. Assim que transferida a informação era apagada.
- Através da aplicação no PC é possível processar e analisar a informação recolhida.

O princípio básico deste protótipo é que as informações GPS são recebidas todos os segundos, resultando no armazenamento da posição do veículo em movimento, como demonstrado na Figura 18.

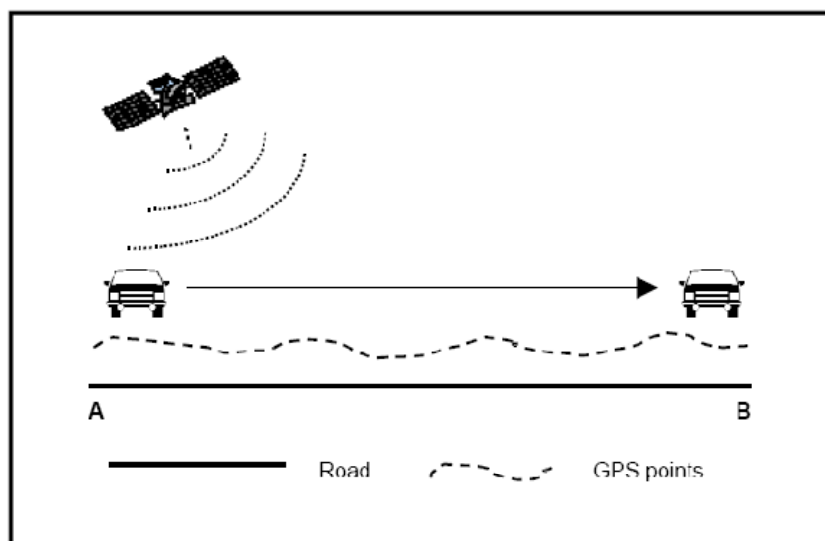


Figura 18 - Ao viajar do ponto A para B regista-se a posição do veículo todos os segundos [18]

A aplicação para o PDA consistia num janela onde era possível visualizar a posição actual do veículo inserida num mapa da área de estudo, sendo ainda possível visualizar a latitude e longitude actual assim como o estado da ligação ao dispositivo GPS, como é possível verificar na Figura 19.

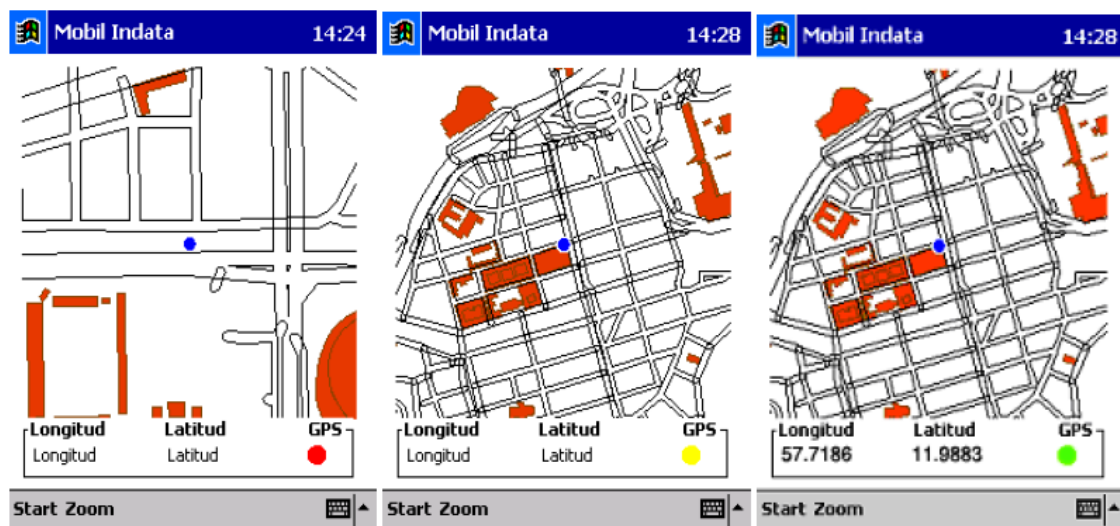


Figura 19 - Exemplos demonstrativos de funcionamento da aplicação PDA [18]

Em relação à aplicação baseada em PC/GIS, esta permitia as conhecidas ferramentas de navegação em mapas como efectuar zoom numa dada zona do mapa.

Permitia ainda três funções de processamento de informação, dando ao analista de tráfego ferramentas para uma melhor análise de todos os dados recolhidos, função *Snap* e *Link Mean Speed*, visível na Figura 20. Como a informação descarregada do PDA vem em diversos formatos é necessário recorrer a descodificação dos dados necessários, função *Parse*, visível na aplicação, Figura 20.

Após a descodificação a informação é automaticamente inserida na base de dados de tráfego.

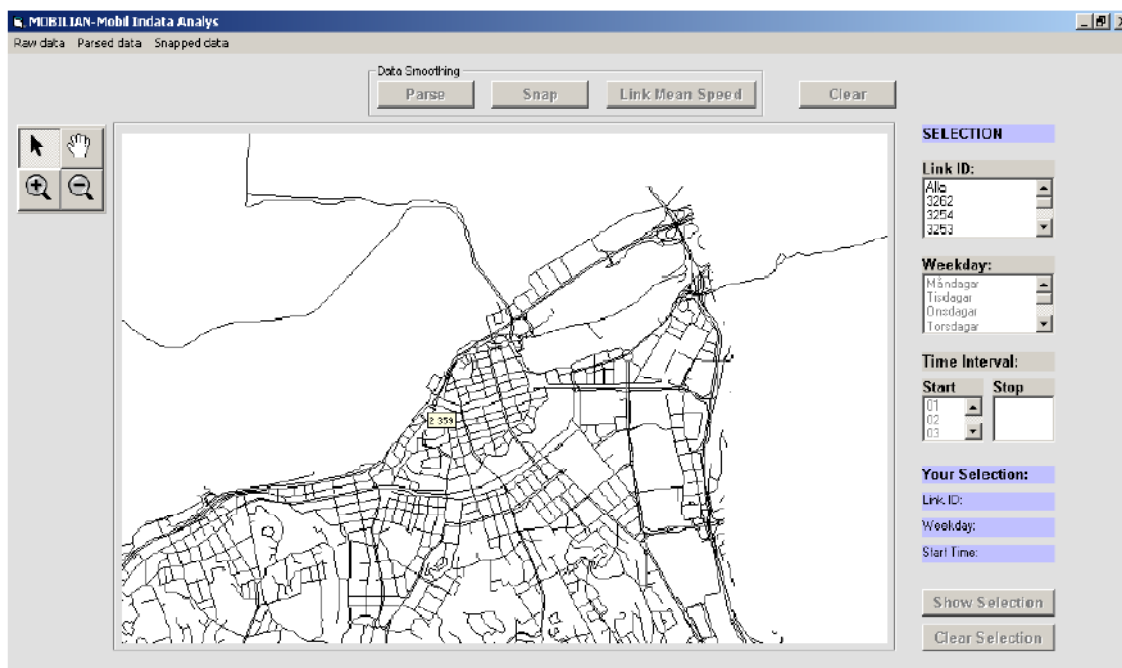


Figura 20 - Imagem da aplicação no PC [18]

- As coordenadas GPS recebidas estão segundo o sistema WGS84 na forma decimal, ex. 5742,9984. O mapa usado também utilizava o sistema WGS84, no entanto no formato graus, minutos e segundos, sendo necessário efectuar as devidas conversões.
- A velocidade era armazenada em nós sendo necessário a sua conversão para km/h.
- Data e hora nas mensagens GPS estão no tipo *string* sendo também convertidos para um formato apropriado.

Após ter toda a informação guardada na base de dados de tráfego, era possibilitado ao analista, verificar informações temáticas, onde os resultados obtidos podiam ser analisados através da obtenção de mapas relativos ao tema em estudo, como por exemplo a velocidade média de circulação numa dada área de estudo, como é possível verificar na Figura 21.

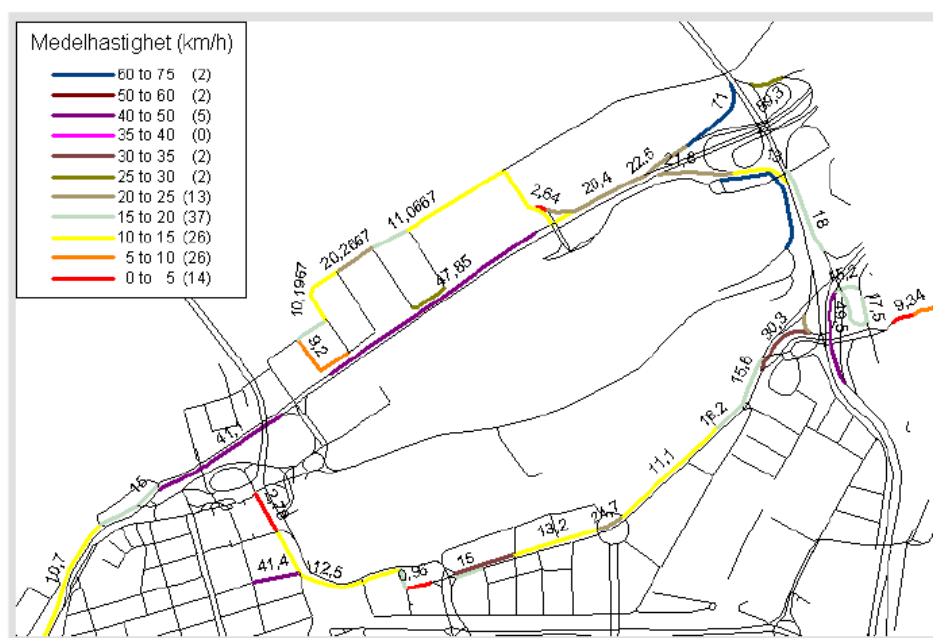


Figura 21 - Imagem de um mapa relativo à velocidade média de circulação [18]

Com o desenvolvimento deste protótipo foi conseguido um método capaz de fazer frente às técnicas convencionais de aquisição de dados existentes até à data. A principal vantagem do protótipo consistia no custo relativamente baixo de todos os dispositivos que o compõem e na fácil utilização do mesmo devido à interface conseguida, permitindo que utilizadores com pouca experiência e conhecimento na área fossem capazes de manusear o equipamento necessário à recolha dos dados. Tornou-se assim possível que a aquisição de dados de tráfego pudesse ser efectuada por uma grande quantidade de utilizadores em simultâneo.

2.5 Síntese

Apresentou-se ao longo deste capítulo uma síntese de conhecimentos sobre a gestão de tráfego urbano, abordando assuntos desde sistemas existentes para auxílio da gestão de tráfego, passando por métodos de aquisição de dados relativos a tráfego terminando numa análise de protótipos desenvolvidos na área.

Uma análise comparativa das tecnologias apresentadas nas secções anteriores e a consideração dos objectivos presentes no ponto 1.3 do primeiro capítulo leva-nos a optar por uma solução, que, em linhas gerais, pode ser caracterizada da seguinte maneira:

- Sistema de aquisição de dados relativos ao tráfego de baixo custo e de fácil utilização, usando um dispositivo móvel, PDA.
- Localização do local exacto dos dados adquiridos através do uso da tecnologia GPS.
- Envio de toda a informação recolhida para um servidor, através de GPRS, em tempo real.
- Armazenamento de toda a informação adquirida numa base de dados para posterior utilização.
- Utilização da informação adquirida em ferramentas GIS de modo a obter um método simples de análise dos dados recolhidos.

Capítulo III – Conceptualização e Desenho do Protótipo

3.1 Visão geral do sistema

Um bom sistema de gestão de tráfego necessita, obrigatoriamente, de integrar diversos aspectos de modo a que a sua utilização leve a um melhoramento efectivo das condições de tráfego na área a que se dedica.

De modo a obter um protótipo que se assemelhasse a um sistema destes foi necessário, como já referido:

- Desenvolver e implementar uma aplicação para PDA que permitisse o levantamento de inventário rodoviário (semáforos, passadeiras, etc.) e registo de ocorrências (acidentes, tráfego, actividades, etc.), enviando esta informação em tempo-real.
- Desenvolver e implementar uma aplicação Windows que permitisse a recepção da informação enviada pelo PDA e que efectuasse a decodificação e armazenamento das mensagens numa base de dados SQL.
- Desenvolver de uma aplicação Web que permitisse o visionamento de mapas construídos em ArcGIS, cujo conteúdo fosse baseado em informações obtidas através do levantamento efectuado com o PDA (levantamento de inventário e ocorrências).

O primeiro passo no desenvolvimento do protótipo foi a modelação do protótipo a implementar. Para tal, recorreu-se à linguagem UML (*Unified Modeling Language*), uma vez que através desta linguagem facilmente se compreende os conceitos e fluxos de dados de todo o protótipo.

A UML é uma linguagem para especificação, construção, visualização e documentação de artefactos de um dado sistema, recorrendo para isso a anotações gráficas usadas na criação de um modelo abstracto do sistema a modelar [19].

De tal modo, ao longo deste capítulo, irão ser especificadas todas as informações necessárias para o desenvolvimento do conjunto de aplicações que compõem o protótipo a implementar, visível na Figura 22.

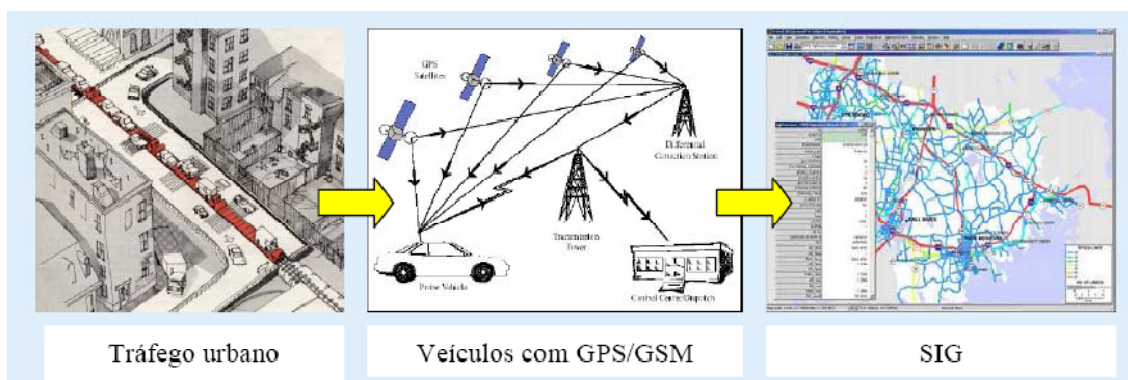


Figura 22 - Esquema relativo ao protótipo a desenvolver

3.2 Especificação de requisitos do sistema

Neste ponto são apresentados os requisitos funcionais do sistema, que são as funções que o sistema deve executar. Requisitos estes, que servem de ponto de partida para o desenvolvimento do sistema.

Tabela 1 - Requisitos funcionais do sistema

Refª	Requisito Funcional
	<i>Aplicação para PDA deve permitir:</i>
R1.1	Login.
R1.2	Logout.
R1.3	Reportar ocorrências relativas a:
R1.3.1	- Fluxo de Tráfego.
R1.3.2	- Incidentes.
R1.3.3	- Actividades.
R1.3.4	- Estado do Pavimento.
R1.3.5	- Condições Meteorológicas.
R1.3.6	- Estacionamento.
R1.4	Efectuar levantamento rodoviário relativo a:
R1.4.1	- Infra-estrutura.
R1.4.2	- Activos estacionários.
R1.5	Tirar Fotografias.
R1.6	Receber informações GPS através de <i>bluetooth</i> .
	<i>Aplicação para PC deve permitir:</i>
R2.1	Receber mensagens do tipo NMEA através de TCP/IP.
R2.2	Descodificar mensagens recebidas, guardando cada campo descodificado numa base de dados.
R2.3	Iniciar recepção de mensagens.
R2.4	Parar recepção de mensagens.
R2.5	Suspender recepção de mensagens.
R2.6	Reiniciar a recepção de mensagens.
R2.7	Confirmar a recepção de mensagens recebidas.
	<i>Aplicação Web deve permitir:</i>
R3.1	Representar as situações armazenadas na base de dados num mapa da área de teste através de símbolos identificativos.
R3.2	Seleccionar os diferentes tipos de informação a visualizar no mapa.
R3.3	Seleccionar as diferentes camadas constituintes do mapa.
R3.4	Ferramentas de navegação em mapas, como zoom.
R3.5	Obter informações acerca de um dado ponto seleccionado.

3.3 Modelo de Casos de Utilização

Como já foi possível verificar, o sistema em si será constituído por três diferentes módulos:

- Aplicação para PDA
- Aplicação para PC
- Aplicação Web

Como os requisitos estão organizados relativamente a estas três aplicações é natural que o diagrama de pacotes (*package diagram*) também esteja organizado deste modo.

Em UML os diagramas de pacotes servem para agrupar os diferentes casos de utilização, que podem ser considerados descrições de um conjunto de sequências de uma dada acção que um sistema realiza de modo a produzir um resultado observável com valor para um actor. O actor representa o papel que alguém ou alguma coisa do ambiente envolvente ao sistema desempenha quando interage com esse mesmo sistema.

Neste caso, optou-se por agrupar os pacotes segundo o módulo ao qual os casos de utilização neles inseridos pertencem.

Deste modo obtém-se o seguinte diagrama de pacotes:

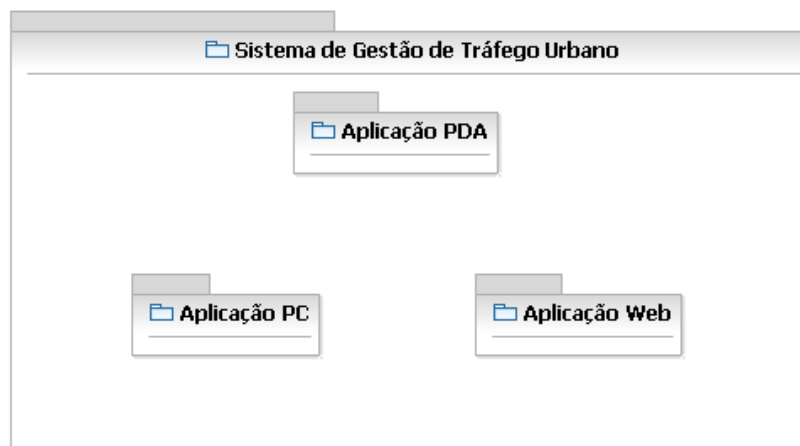


Figura 23 - Diagrama de pacotes do sistema

O pacote *Aplicação PDA* engloba todas as funcionalidades de login, logout, reportar ocorrências relativas a fluxo de tráfego, incidentes, actividades, estado do pavimento, condições meteorológicas e estacionamento. Engloba ainda o levantamento rodoviário de infra-estrutura e activos estacionários. Inserido neste pacote encontra-se também a funcionalidade de tirar fotografias.

O pacote *Aplicação PC* engloba as funcionalidades de escolher o porto em que fica à escuta de mensagens, iniciar recepção de mensagens, parar recepção de mensagens, suspender recepção de mensagens e reiniciar a recepção de mensagens.

Por último, o pacote *Aplicação Web* engloba as funcionalidades seleccionar diferentes tipos de informação a visualizar no mapa, seleccionar as diferentes camadas constituintes do mapa, ferramentas de navegação em mapas (como zoom) e obter informações acerca de um dado ponto seleccionado.

Para uma melhor caracterização do sistema é necessária a identificação dos vários actores do sistema.

3.3.1 Descrição dos Actores

Tabela 2 - Descrição dos actores

Actor	Descrição
Operador PDA	Utilizador da aplicação para PDA. Responsável pelo levantamento da informação de tráfego relevante a reportar.
Operador PC	Operador responsável pela aplicação que permite a recepção de informação proveniente do PDA.
Analista de Tráfego	Principal utilizador da aplicação Web, responsável pela utilização de todas as funcionalidades oferecidas por este módulo do sistema.

Uma vez definidos os pacotes e os actores é necessário efectuar a descrição dos casos de utilização.

3.3.2 Descrição dos casos de utilização

Nesta fase de caracterização do sistema proceder-se-á inicialmente à organização dos diferentes casos de utilização relativamente aos pacotes definidos anteriormente. A descrição dos casos de utilização será efectuada com o auxílio de tabelas onde é possível apresentar os actores que utilizam o caso em estudo, assim como diversa informação relacionada com o caso de utilização, desde condições necessárias a sua ocorrência, passando por uma descrição da sequência típica de eventos, até requisitos especiais.

Em UML é também comum documentar de forma visual o fluxo de eventos de um dado caso de utilização, através de diagramas de actividades, sendo estes diagramas utilizados sempre que necessário.

3.3.2.1 Pacote Aplicação PDA

Relativamente à aplicação para o PDA obtêm-se o diagrama de casos de utilização demonstrado na Figura 24.

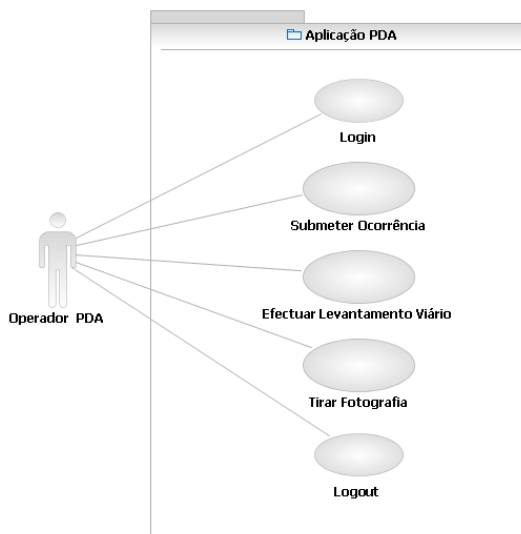


Figura 24 - Diagrama de Use Cases do pacote Aplicação PDA

3.3.2.1.1 CaU1 Login

Relativamente ao caso de utilização Login temos a seguinte tabela descritiva.

Tabela 3- CaU1 Login

Nome:	CaU01 - Login
Âmbito:	Sistema de Gestão de Tráfego.
Finalidade:	Autenticar-se perante o sistema.
Actores:	Operador PDA.
Pré-condições:	O operador tem de estar registado no sistema.
Sequência típica dos eventos:	1. O Operador acede à área de login. 2. São apresentados três campos de preenchimento obrigatório (veículo, login e password). 3. O Operador preenche os campos necessários.
Sequências alternativas e extensões:	3a. Os dados para login não são aceites (acessos inválido). 3b. O utilizador dirige-se ao responsável pelo sistema e coloca o problema. 3c. O responsável emite uma nova <i>password</i> .
Requisitos especiais:	PDA equipado com a respectiva aplicação.
Aspectos em aberto:	Nada a assinalar.

3.3.2.1.2 CaU2 Submeter Ocorrência

Relativamente ao caso de utilização Submeter Ocorrência temos a seguinte tabela descritiva e respectivo diagrama de actividades.

Tabela 4 – CaU2 Submeter Ocorrência

Nome:	CaU02 – Submeter Ocorrência
Âmbito:	Sistema de Gestão de Tráfego.
Finalidade:	Inserir no sistema informação relativa a uma ocorrência.
Actores:	Operador PDA.
Pré-condições:	O operador necessariamente terá de ter efectuado o login. O PDA tem de estar sincronizado com o dispositivo GPS.
Sequência típica dos eventos:	<ol style="list-style-type: none"> 1. O Operador selecciona a área “Ocorrências”. 2. O Sistema apresenta uma listagem de ocorrências. 3. O Operador selecciona a ocorrência que pretende reportar. 4. O Sistema apresenta um menu com a informação que o Operador tem de necessariamente preencher. 5. O Operador preenche os campos necessários com a informação relevante. 6. O Operador submete a ocorrência pretendida com a respectiva informação ao sistema. 7. O Sistema informa que a ocorrência foi submetida com sucesso guardando e enviando a informação.
Sequências alternativas e extensões:	<p>5a. Caso a ocorrência seleccionada seja um incidente ou uma actividade:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. O Sistema apresenta um novo menu com o tipo de incidentes ou actividades a reportar. 2. O Operador selecciona o menu pretendido. 3. O Sistema apresenta uma nova janela, com campos que o Operador necessita de preencher.
Requisitos especiais:	PDA equipado com a respectiva aplicação.
Aspectos em aberto:	Nada a assinalar.

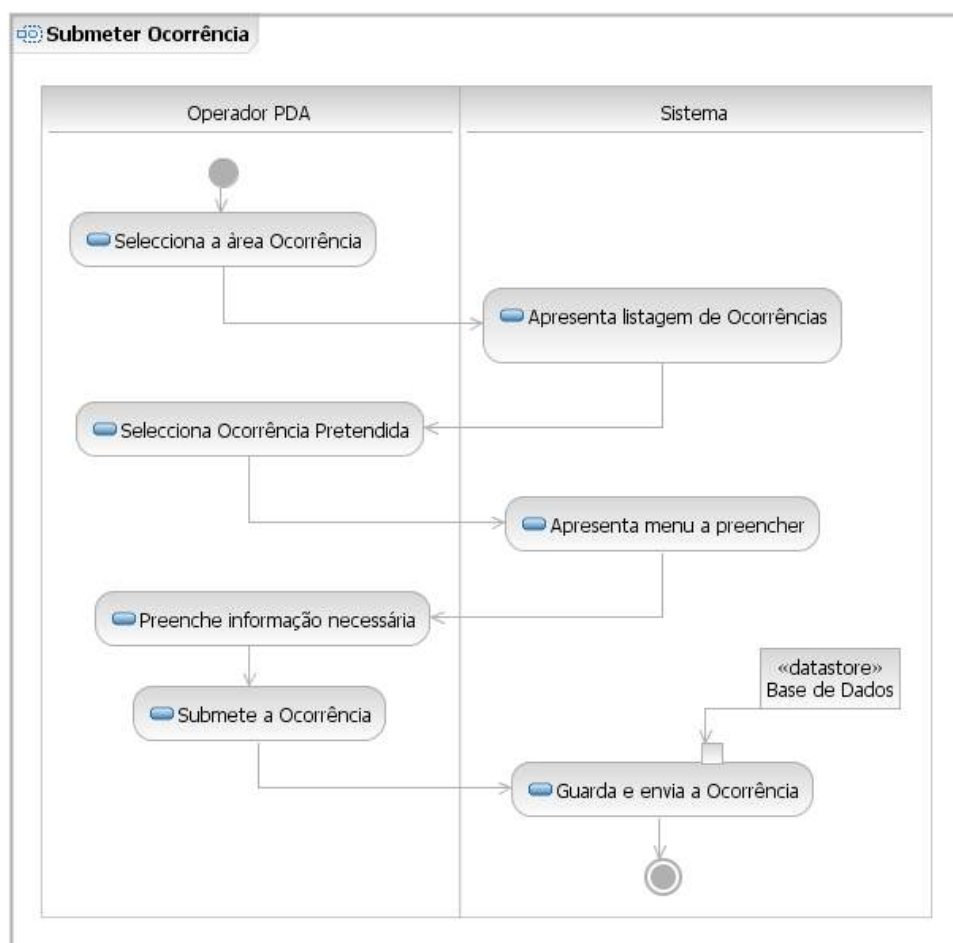


Figura 25 - Diagrama de actividades de Submeter Ocorrência

3.3.2.1.3 CaU3 Efectuar Inventário Rodoviário

Tabela 5 - CaU3 Efectuar Inventário Rodoviário

Nome:	CaU03 – Efectuar Inventário Rodoviário
Âmbito:	Sistema de Gestão de Tráfego.
Finalidade:	Inserir no sistema informação relativa a inventário de infra-estrutura e activos fixos.
Actores:	Operador PDA.
Pré-condições:	O operador necessariamente terá de ter efectuado o login. O PDA tem de estar sincronizada com o dispositivo GPS.
Sequência típica dos eventos:	<ol style="list-style-type: none"> 1. O Operador selecciona a área “<i>Inventário Rodoviário</i>”. 2. O Sistema apresenta os tipos de inventário passíveis de serem efectuados. 3. O Operador selecciona o tipo de inventário que pretende reportar. 4. O Sistema apresenta uma listagem com informação relativa ao tipo de inventário anteriormente seleccionado. 5. O Operador selecciona e submete a informação pretendida ao

Nome:	CaU03 – Efectuar Inventário Rodoviário
	sistema.
	6. O Sistema informa que o inventário foi submetido com sucesso guardando e enviando a informação.
Sequências alternativas e extensões:	<p>5a. Caso o tipo de inventário seleccionado seja do tipo sinais:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. O Sistema apresenta uma lista com opções seleccionáveis e um menu relativo a sinais de trânsito obrigatoriamente preenchida pelo operador. 2. O Operador selecciona a opção pretendida e preenche os campos com a informação necessária. Submetendo de seguida a informação ao sistema.
Requisitos especiais:	PDA equipado com a respectiva aplicação.
Aspectos em aberto:	Nada a assinalar.

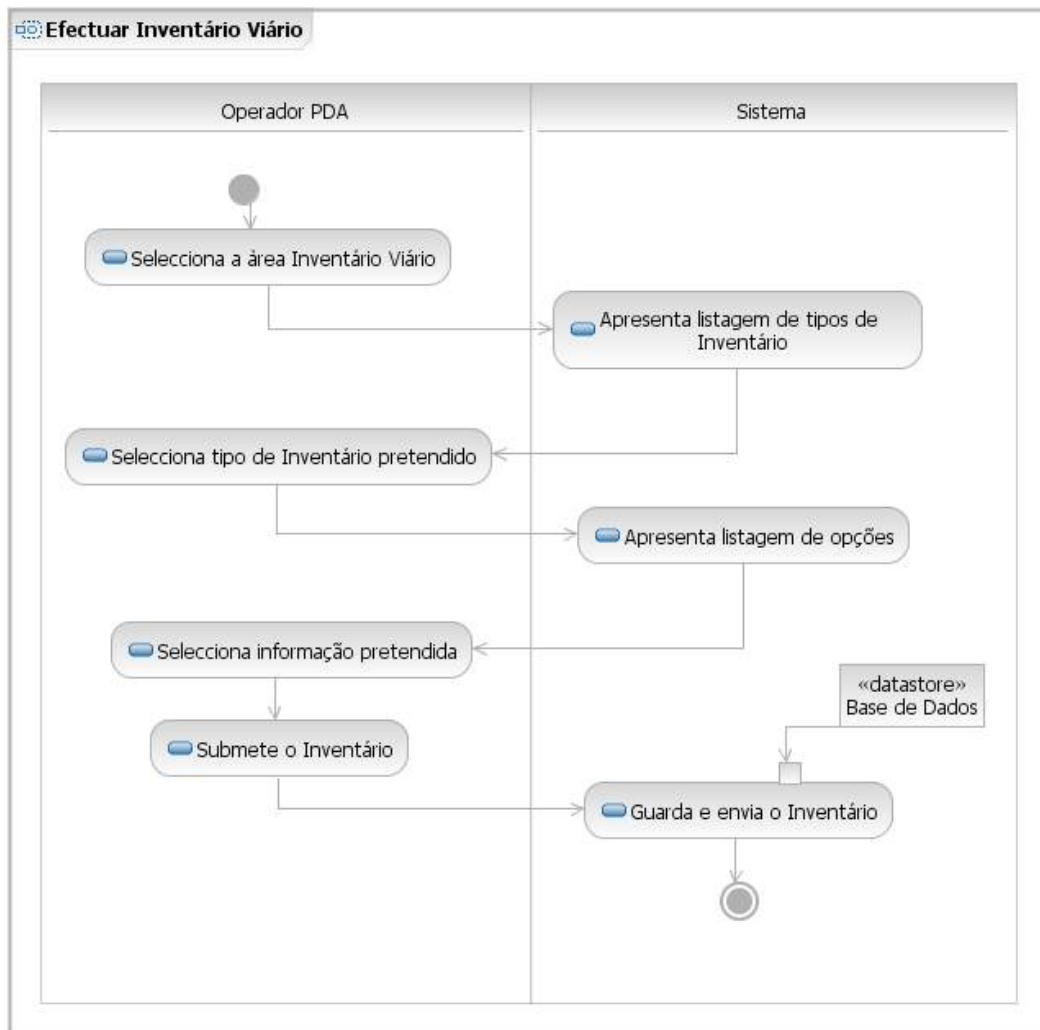


Figura 26 - Diagrama de actividades de Efectuar Inventário Rodoviário

3.3.2.1.4 CaU4 Tirar Fotografia

Tabela 6 - CaU4 Tirar Fotografia

Nome:	CaU04 – Tirar Fotografia
Âmbito:	Sistema de Gestão de Tráfego.
Finalidade:	Tirar uma fotografia de modo a documentar a situação a reportar.
Actores:	Operador PDA.
Pré-condições:	O operador tem de estar registado no sistema.
Sequência típica dos eventos:	<ol style="list-style-type: none"> 1. O Operador ao reportar uma ocorrência ou ao efectuar o levantamento rodoviário selecciona a opção de tirar fotografia. 2. O Sistema apresenta a interface necessária à obtenção da fotografia. 3. O Operador tira a fotografia e submete-a ao sistema. 4. O sistema informa que a fotografia foi submetida com sucesso guardando-a.
Sequências alternativas e extensões:	Nada a assinalar.
Requisitos especiais:	<p>PDA equipado com a respectiva aplicação.</p> <p>Caso o PDA não possua câmara fotográfica deve ser informada tal situação ao Operador através de um aviso.</p>
Aspectos em aberto:	Nada a assinalar.

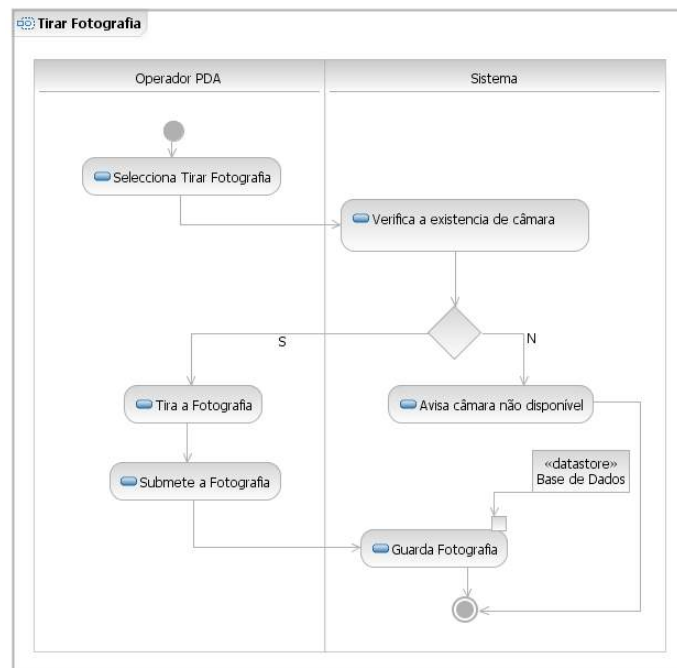


Figura 27 - Diagrama de actividades de Tirar Fotografia

3.3.2.1.5 CaU5 Logout

Relativamente ao caso de utilização Logout temos a seguinte tabela descritiva.

Tabela 7- CaU5 Logout

Nome:	CaU05 - Logout
Âmbito:	Sistema de Gestão de Tráfego.
Finalidade:	Terminar a autenticação na aplicação.
Actores:	Operador PDA.
Pré-condições:	Nada a assinalar
Sequência típica dos eventos:	1. O operador, depois de realizar as operações desejadas, termina a sua autenticação no sistema submetendo a opção logout.
Sequências alternativas e extensões:	Nada a assinalar.
Requisitos especiais:	Nada a assinalar.
Aspectos em aberto:	Nada a assinalar.

3.3.2.2 Pacote Aplicação PC

Em relação à aplicação para PC, o actor é o operador do PC, e os casos de utilização são os demonstrados na Figura 28.

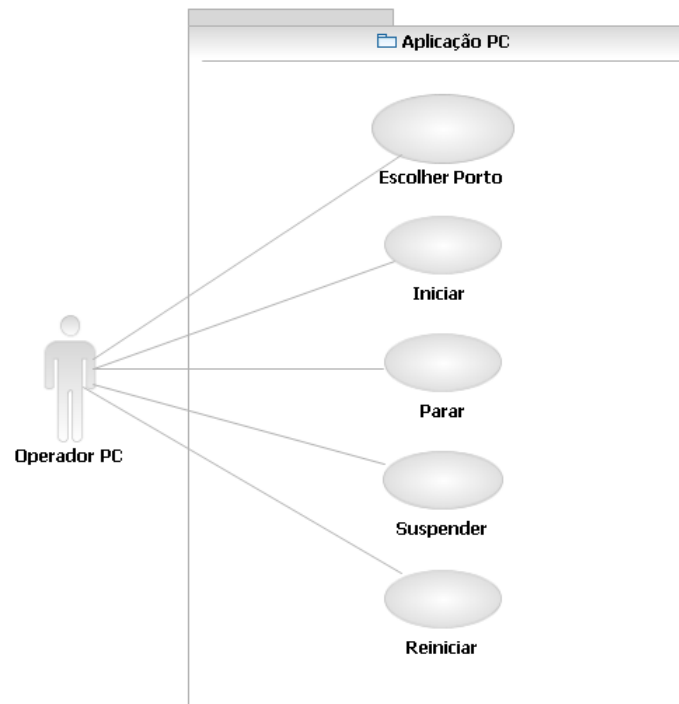


Figura 28 - Diagrama de Use Cases do pacote Aplicação PC

3.3.2.2.1 CaU6 Escolher Porto**Tabela 8 - CaU6 Escolher Porto**

Nome:	CaU06 – Escolher Porto
Âmbito:	Sistema de Gestão de Tráfego.
Finalidade:	Escolher o porto TCP/IP na qual a aplicação fica à escuta.
Actores:	Operador PC.
Pré-condições:	A aplicação terá de ter sido executada.
Sequência típica dos eventos:	<ol style="list-style-type: none"> 1. O Sistema apresenta um espaço destinado ao Porto TCP/IP. 2. O Operador insere o porto pretendido. 3. O Sistema informa o Operador que a aplicação está à escuta nesse porto.
Sequências alternativas e extensões:	Se o Operador decidir não inserir nenhum porto, a aplicação usa para esse porto um valor previamente definido.
Requisitos especiais:	O computador onde a aplicação funciona terá de possuir um IP público, assim como ter o porto seleccionado disponível.
Aspectos em aberto:	Nada a assinalar.

3.3.2.2.2 CaU7 Iniciar**Tabela 9 – CaU7 Iniciar**

Nome:	CaU07 – Iniciar
Âmbito:	Sistema de Gestão de Tráfego.
Finalidade:	Iniciar a recepção de mensagens.
Actores:	Operador PC.
Pré-condições:	<p>A aplicação terá de ter sido executada.</p> <p>O Operador terá de ter escolhido um porto TCP/IP válido.</p>
Sequência típica dos eventos:	<ol style="list-style-type: none"> 1. O Sistema apresenta a possibilidade de iniciar a recepção de mensagens. 2. O Operador selecciona a opção <i>Iniciar</i>. 3. O Sistema informa o Operador que a aplicação está iniciada. 4. O Sistema espera que algum cliente se ligue ao porto onde está à escuta. 5. Assim que algum cliente se liga ao porto, o Sistema fica à espera de mensagens. 6. Ao receber uma mensagem, o Sistema verifica se é válida e envia

Nome:	CaU07 – Iniciar
	uma confirmação de mensagem recebida com sucesso. 7. O Sistema verifica qual o tipo da mensagem, decodificando-a e guardando a informação nos campos correspondentes da base de dados.
Sequências alternativas e extensões:	Nada a assinalar.
Requisitos especiais:	Após ter sido iniciada, a aplicação fica a espera de mensagens até informação em contrário por parte do Operador.
Aspectos em aberto:	Nada a assinalar.

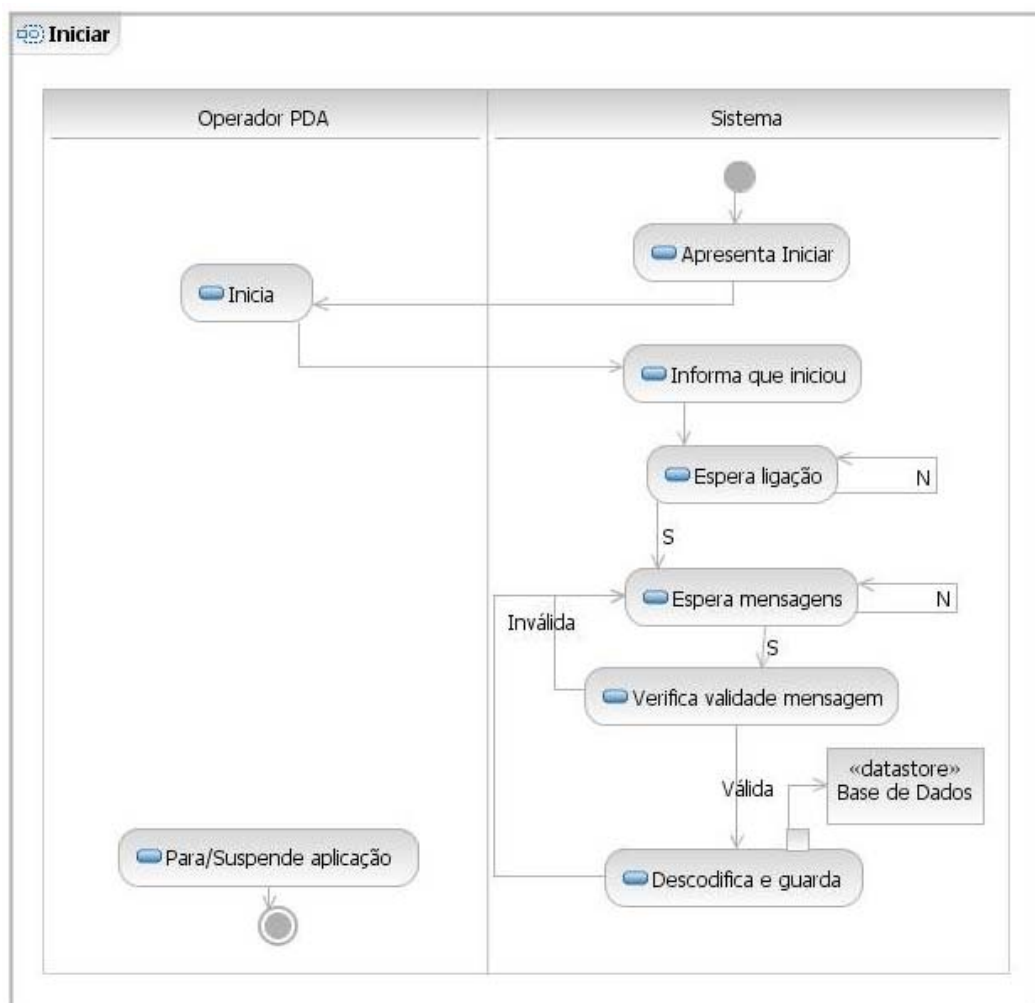


Figura 29 - Diagrama de actividades de Iniciar

3.3.2.2.3 CaU8 Parar**Tabela 10 - CaU8 Parar**

Nome:	CaU08 – Parar
Âmbito:	Sistema de Gestão de Tráfego.
Finalidade:	Parar a recepção de mensagens.
Actores:	Operador PC.
Pré-condições:	A aplicação terá de ter sido executada. O Operador terá de ter escolhido um porto TCP/IP válido. O Operador terá de ter iniciado a recepção de mensagens.
Sequência típica dos eventos:	<ol style="list-style-type: none"> 1. O Sistema demonstra a sua situação, que está iniciado e a espera/receber mensagens. 2. O Operador selecciona a opção <i>Parar</i>. 3. O Sistema termina todas as funções de espera e recepção de mensagens. 4. O Sistema termina todas as ligações existentes com clientes. 5. O Sistema informa o Operador de que está parado.
Sequências alternativas e extensões:	Nada a assinalar.
Requisitos especiais:	Nada a assinalar.
Aspectos em aberto:	Nada a assinalar.

3.3.2.2.4 CaU9 Suspender**Tabela 11 - CaU9 Suspender**

Nome:	CaU09 – Suspender
Âmbito:	Sistema de Gestão de Tráfego.
Finalidade:	Suspender a recepção de mensagens.
Actores:	Operador PC.
Pré-condições:	A aplicação terá de ter sido executada. O Operador terá de ter escolhido um porto TCP/IP válido. O Operador terá de ter iniciado a recepção de mensagens.
Sequência típica dos eventos:	<ol style="list-style-type: none"> 1. O Sistema demonstra a sua situação, que está iniciado e a espera/receber mensagens. 2. O Operador selecciona a opção <i>Suspender</i>.

Nome:	CaU09 – Suspende
	3. O Sistema suspende todas as funções de espera e recepção de mensagens. 4. O Sistema informa o Operador de que está suspenso.
Sequências alternativas e extensões:	Nada a assinalar.
Requisitos especiais:	Nada a assinalar.
Aspectos em aberto:	Nada a assinalar.

3.3.2.2.5 CaU10 Reiniciar

Tabela 12 - CaU10 Reiniciar

Nome:	CaU10 – Reiniciar
Âmbito:	Sistema de Gestão de Tráfego.
Finalidade:	Reiniciar a recepção de mensagens.
Actores:	Operador PC.
Pré-condições:	A aplicação terá de ter sido executada. O Operador terá de ter escolhido um porto TCP/IP válido. O Operador terá de ter iniciado a recepção de mensagens. O Operador terá de ter suspenso a recepção de mensagens.
Sequência típica dos eventos:	1. O Sistema demonstra a sua situação, que está suspenso. 2. O Operador selecciona a opção <i>Reiniciar</i> . 3. O Sistema reinicia todas as funções de espera e recepção de mensagens. 4. O Sistema continua a receber mensagens de clientes ligados antes da suspensão. 5. O Sistema espera pela ligação de novos clientes. 6. O Sistema informa o Operador de que está novamente iniciado.
Sequências alternativas e extensões:	Nada a assinalar.
Requisitos especiais:	Após reiniciada a recepção das mensagens, o sistema deverá continuar a funcionar segundo o definido no caso de utilização Iniciar.
Aspectos em aberto:	Nada a assinalar.

3.3.2.3 Pacote Aplicação Web

Como último módulo, temos a aplicação Web, utilizada pelo analista de tráfego e cujo diagrama de casos de utilização é demonstrado na Figura 30.

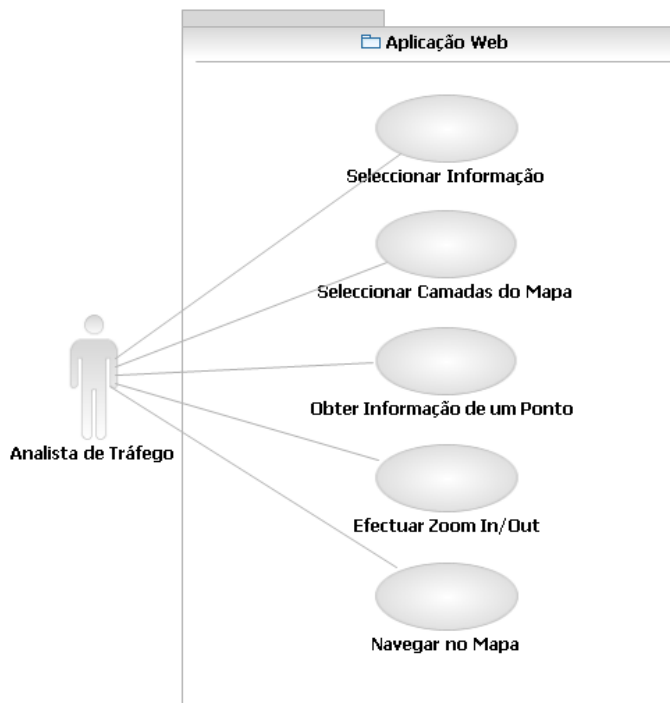


Figura 30 - Diagrama de Use Cases do pacote Aplicação Web

3.3.2.3.1 CaU11 Seleccionar Informação

Tabela 13 - CaU11 Seleccionar Informação

Nome:	CaU11 – Seleccionar Informação
Âmbito:	Sistema de Gestão de Tráfego.
Finalidade:	Permitir ao Analista escolher a informação que pretende visualizar, desde os diferentes tipos de ocorrência aos tipos de inventário existentes.
Actores:	Analista de Tráfego.
Pré-condições:	O Analista terá de aceder à aplicação Web através de um browser convencional.
Sequência típica dos eventos:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Inicialmente o Sistema apresenta toda a informação disponível, quer sejam ocorrências ou inventário rodoviário, num mapa da área. 2. O Analista selecciona a opção seleccionar a informação a visualizar. 3. O Sistema apresenta um menu contendo os diferentes tipos de informação visíveis. 4. O Analista selecciona o menu correspondente a informação que pretende visualizar.

Nome:	CaU11 – Seleccionar Informação
	5. O Sistema apresenta no mapa a informação seleccionada.
Sequências alternativas e extensões:	Nada a assinalar.
Requisitos especiais:	Nada a assinalar.
Aspectos em aberto:	Nada a assinalar.

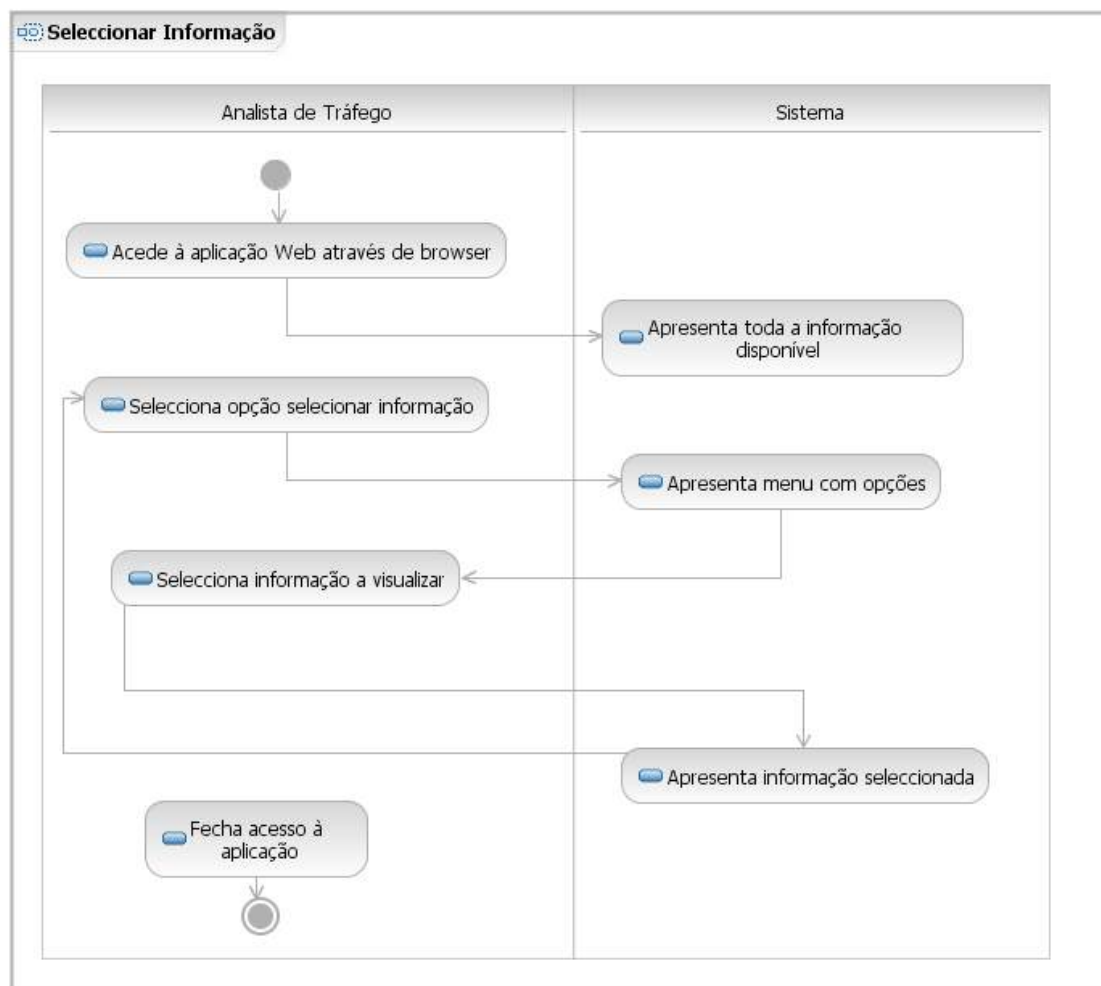


Figura 31 - Diagrama de actividades de Seleccionar Informação

3.3.2.3.2 CaU12 Seleccionar Camadas do Mapa**Tabela 14 - CaU12 Seleccionar Camadas do Mapa**

Nome:	CaU12 – Seleccionar Camadas do Mapa
Âmbito:	Sistema de Gestão de Tráfego.
Finalidade:	Permitir ao Analista escolher as camadas a visualizar no mapa da zona, desde a rede rodoviária até aos edifícios.
Actores:	Analista de Tráfego.
Pré-condições:	A analista terá de aceder à aplicação Web através de um browser convencional.
Sequência típica dos eventos:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Inicialmente o Sistema apresenta todas as camadas disponíveis, num mapa da área. 2. O Analista selecciona a opção seleccionar camadas a visualizar. 3. O Sistema apresenta um menu contento os diferentes tipos de camadas. 4. O Analista selecciona o menu correspondente às camadas que pretende visualizar. 5. O Sistema apresenta no mapa a informação seleccionada.
Sequências alternativas e extensões:	Nada a assinalar.
Requisitos especiais:	Nada a assinalar.
Aspectos em aberto:	Nada a assinalar.

3.3.2.3.3 CaU13 Obter Informação de um Ponto**Tabela 15 - CaU13 Obter Informação de um Ponto**

Nome:	CaU13 – Obter informação de um Ponto
Âmbito:	Sistema de Gestão de Tráfego.
Finalidade:	Permitir ao Analista obter informação adicional relativamente a um ponto no mapa.
Actores:	Analista de Tráfego.
Pré-condições:	O Analista terá de aceder à aplicação Web através de um browser convencional.
Sequência típica dos eventos:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Inicialmente o Sistema apresenta todas as camadas disponíveis, num mapa da área, assim como todas as ocorrências e referencias a inventário rodoviário através de pontos com formato específico para

Nome:	CaU13 – Obter informação de um Ponto
	<p>cada situação.</p> <ol style="list-style-type: none"> 2. O Analista selecciona o ponto no mapa da área para o qual pretende obter a informação. 3. O Analista selecciona ver informação detalhada. 4. O Sistema apresenta uma janela contendo a informação detalhada.
Sequências alternativas e extensões:	Nada a assinalar.
Requisitos especiais:	A informação a visualizar deve ser constituída.
Aspectos em aberto:	Nada a assinalar.

3.3.2.3.4 CaU14 Efectuar Zoom In/Out

Tabela 16 - CaU14 Efectuar Zoom In/Out

Nome:	CaU12 – Seleccionar Camadas do Mapa
Âmbito:	Sistema de Gestão de Tráfego.
Finalidade:	Permitir ao Analista visualizar o mapa segundo diferentes perspectivas de aproximação.
Actores:	Analista de Tráfego.
Pré-condições:	O Analista terá de aceder à aplicação Web através de um browser convencional.
Sequência típica dos eventos:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Inicialmente o Sistema apresenta o mapa de modo a ser possível visualizar na totalidade a área de estudo. 2. O Analista selecciona a opção <i>Zoom In/Out</i>, conforme necessário. 3. O Sistema apresenta o mapa segundo a perspectiva de aproximação seleccionada pelo Analista.
Sequências alternativas e extensões:	Nada a assinalar.
Requisitos especiais:	O Sistema deve permitir voltar à situação inicial, após o Analista ter efectuado Zoom In ou Zoom Out conforme o caso.
Aspectos em aberto:	Nada a assinalar.

3.3.2.3.5 CaU15 Navegar no Mapa**Tabela 17 - CaU15 Navegar no Mapa**

Nome:	CaU15 – Navegar no Mapa
Âmbito:	Sistema de Gestão de Tráfego.
Finalidade:	Permitir ao Analista navegar e escolher a secção do mapa que pretende visualizar.
Actores:	Analista de Tráfego.
Pré-condições:	O Analista terá de aceder à aplicação Web através de um browser convencional.
Sequência típica dos eventos:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Inicialmente o Sistema apresenta o mapa de modo a ser possível visualizar na totalidade a área de estudo. 2. O Analista após efectuar a opção <i>Zoom In</i> poderá ter a necessidade de navegar para outra zona do mapa. Para isso selecciona a opção <i>Navegar no Mapa</i>. 3. O Sistema apresenta que o modo de navegação se encontra activo. 4. O Analista navega para a área pretendida clicando no ponto que pretende visualizar ou arrastando o mapa até se encontrar na área desejada.
Sequências alternativas e extensões:	Nada a assinalar.
Requisitos especiais:	O Sistema deve permitir voltar a situação inicial, após o analista ter navegado no mapa.
Aspectos em aberto:	Nada a assinalar.

3.4 Especificação suplementar**3.4.1 Funcionalidade comum**

Todos os módulos que integram o protótipo do sistema de gestão de tráfego necessitam de informar o utilizador de tudo o que está a acontecer no sistema em tempo útil, uma vez que um bom sistema deve fornecer sempre “*feedback*” do que se está a passar naquele preciso instante, quer seja uma barra de progressão ou um relógio informativo do tempo necessário para uma dada acção terminar. O sistema deve ainda proteger o próprio utilizador de erros cometidos por ele, avisando através de mensagens, como por exemplo, o erro em que o utilizador está a incorrer e o modo mais fácil para o resolver.

3.4.2 Requisitos de usabilidade

Tabela 18 - Requisitos de interface e usabilidade

Ref ^a	Requisito de interface e usabilidade	CaU relacionados
RInt.1	Usar fontes e cores que facilitem a legibilidade da informação.	Todos
RInt.2	Visibilidade do estado do sistema, com mensagens de erro e confirmações de operação.	Todos
RInt3	Consistência e padrões. Existem convenções de nomenclatura de determinadas funções dentro do sistema.	Todos
RInt4	As instruções e opções devem estar sempre bem visíveis de modo a ser facilmente alcançados pelos utilizadores.	Todos
RInt5	As opções de utilização mais frequentes encontrarem-se em destaque.	Todos
RInt6	O design do sistema deve ser estético e minimalista, disponibilizando apenas a informação relevante e necessária para o utilizador.	Todos
RInt7	Controlo e liberdade do utilizador: os utilizadores devem poder anular ou refazer as suas acções.	Todos

3.4.3 Requisitos de desempenho

Tabela 19 - Requisitos de desempenho

Ref ^a	Requisito de desempenho	CaU relacionados
RDes.1	Design minimalista de forma a não sobrecarregar o sistema.	Todos
RDes.2	Tempos de execução reduzidos.	Todos
RDes.3	Consistência de informação dentro do sistema.	Todos

3.4.4 Requisitos de hardware

Para a realização deste protótipo são necessários vários requisitos de hardware. Relativamente ao primeiro módulo é necessário um PDA, uma vez que é necessário um dispositivo móvel para facilmente reportar uma ocorrência ou um levantamento da rede rodoviária. Ainda inserido neste primeiro módulo é necessária uma placa de comunicação, que possui um dispositivo GPS, que envia a localização para o PDA e um modem, de modo a poder comunicar em tempo-real através de GPRS com a aplicação

para PC. Relativamente a esta aplicação somente é necessário um computador normal onde se coloca a aplicação a correr, sendo somente necessária uma ligação de internet. Por último, a aplicação Web, necessita de um computador de qualidade razoável, uma vez que utiliza ferramentas GIS que necessitam de um certo desempenho computacional para a realização de algumas tarefas.

3.4.5 Outros requisitos não funcionais

Como se trata de um protótipo, é fundamental que todos os módulos sejam concebidos de um modo que facilmente permitam a alteração de uma ou outra funcionalidade, consoante as necessidades.

3.5 Arquitectura aplicacional

A principal característica do protótipo será a comunicação em tempo real do dispositivo móvel com a aplicação responsável pela recepção, tratamento e armazenamento da informação. Logo, o sistema estará acessível de qualquer ponto da área de estudo. O PDA utilizará o sistema operativo Windows Mobile 6, enquanto o computador onde estará a aplicação PC utilizará o Windows XP Pro. Para fases de teste do protótipo e consequentemente de todos os seus módulos, a aplicação Web deverá residir no mesmo computador de modo a facilitar todos os testes necessários. Como servidor de dados será utilizado o SQL Server 2005, que constitui uma base de dados robusta e usada já por vários sistemas, atestando a sua qualidade.

3.6 Arquitectura de instalação

A arquitectura de instalação do protótipo a desenvolver consiste na formação de uma rede de comunicação entre o PDA, a aplicação PC e a aplicação Web.

De modo a representar esta comunicação apresenta-se de seguida o diagrama de instalação do sistema:

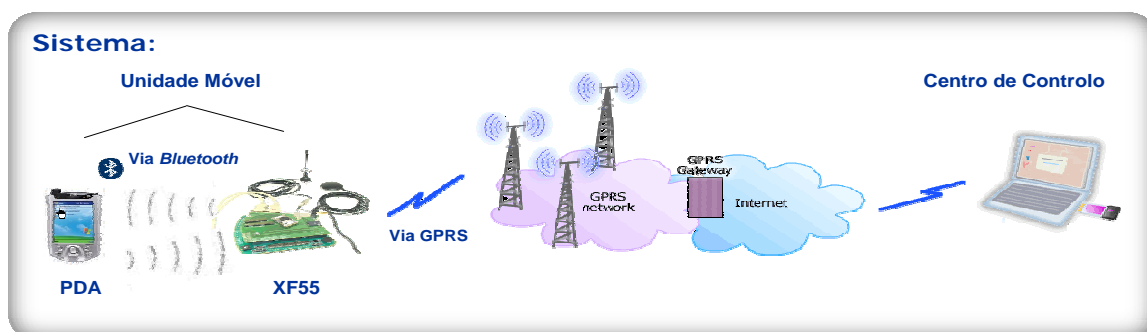


Figura 32 - Diagrama de instalação

3.7 Cenário de utilização

Para melhor compreender o funcionamento de todo o sistema de modo a facilitar a implementação dos módulos necessários, segue-se um breve cenário de utilização de todo o sistema:

O engenheiro de gestão de tráfego António da Costa, que trabalha no gabinete regional de tráfego de Aveiro, está prestes a ir para o trabalho. Ao entrar no veículo liga o PDA, efectua a sincronização, por bluetooth, com a placa GPS ligada à centralina do seu veículo. Seguidamente inicia a aplicação de gestão de tráfego e inicia a sua viagem. Depois de cinco minutos de viagem depara-se com obras na estrada, como são obras recentes e ainda não estão introduzidas na base de dados da central, António pega no PDA e reporta uma ocorrência, nomeadamente, trabalhos na via. Ao submeter a ocorrência, o PDA envia instantaneamente através de bluetooth, para a placa ligada à centralina, uma mensagem, do tipo NMEA. Esta mensagem é de imediato encaminhada, através de uma ligação GPRS, para o IP da central de controlo de tráfego.

Entretanto na central, a aplicação que está constantemente à espera de receber mensagens, recebe a mensagem enviada por António. Como se trata de uma mensagem válida, envia uma outra mensagem a confirmar a recepção da mensagem. Automaticamente a aplicação descodifica a mensagem e submete a informação à base de dados. Esta informação contém a localização da ocorrência reportada assim como todas as informações associadas.

Enquanto isso, a engenheira Sónia Pinho, responsável pelo SIG da gestão de tráfego verifica que no mapa surgiu uma nova ocorrência, do tipo trabalhos na via, podendo se necessário informar as autoridades competentes de modo a minimizar os problemas que tal situação pode levantar.

Capítulo IV – Implementação do Protótipo

Como já foi referido em capítulos anteriores, o protótipo a desenvolver consiste num sistema de levantamento de ocorrências e de inventário rodoviário numa dada área de estudo, mais precisamente na zona circundante à Universidade de Aveiro. As principais características do protótipo são a comunicação em tempo real do dispositivo móvel com a central de recepção da informação e a disponibilização da informação num mapa da área referente, também em tempo real.

No presente capítulo pretende-se contextualizar o processo de implementação de todo o sistema produzido.

A primeira preocupação na implementação de todo o sistema foi a possibilidade de expansão de cada um dos módulos do protótipo, tentando que fossem facilmente adaptáveis a mudanças de especificações. Deste modo, tentou-se que todas as aplicações desenvolvidas fossem constituídas por elementos, possibilitando assim que cada elemento servisse para a construção de diversas aplicações. Um modelo de implementação que permite estas características é o modelo de arquitectura de três camadas [20]:

Camada de apresentação – é a camada responsável pela interação utilizador - aplicação, já que fornece a interface gráfica, GUI (*graphical user interface*).

Camada de negócio – é a camada intermédia responsável pelas funcionalidades do sistema e da lógica de negócio. Corresponde ao domínio de desenvolvimento da aplicação, fazendo a interação entre a camada de negócio e a camada de dados.

Camada de dados – é a camada responsável pelo armazenamento e recolha de informação que reside, normalmente, em bases de dados. Nesta camada estão também armazenados os dados neutrais e independentes da lógica de negócio.

Sempre que possível recorreu-se a esta arquitectura, uma vez que, como já foi referido, fornece benefícios como a reutilização e flexibilidade, levando também a uma melhor e mais fácil manutenção do sistema.

O desenvolvimento do sistema iniciou-se com a definição das ferramentas a utilizar, assim como com o estabelecimento do protocolo de mensagens a trocar entre os módulos do protótipo, nomeadamente da aplicação PDA e da aplicação PC.

4.1 Considerações iniciais

Para um fácil e eficaz desenvolvimento do protótipo foi necessário recorrer a diversas ferramentas que permitiram desenvolver as aplicações necessárias à implementação dos diferentes módulos do sistema.

Aplicação PDA – foi desenvolvida recorrendo às potencialidades do *.NET Compact Framework*, que disponibiliza uma plataforma para o desenvolvimento de aplicações para *Smart Device*. Uma das principais vantagens do *Compact Framework* é que através da sua utilização, em conjunto com o *Visual Studio 2005*, é possível desenvolver aplicações para dispositivos móveis recorrendo a *API (Application Programming Interface)* existentes, como, por exemplo, usar as funções disponíveis da câmara fotográfica, no caso do protótipo implementado. Nesta aplicação é ainda usado o *SQL Server 2005 Mobile Edition*, de modo a desenvolver e implementar as bases de dados usadas por esta aplicação.

Aplicação PC – foi desenvolvida recorrendo ao *Microsoft Visual Studio 2005* e à plataforma *.Net* disponibilizada. A linguagem utilizada foi o *C#* devido à sua simplicidade e consistência, sendo que a vertente de orientação a objectos também foi uma característica relevante na sua escolha. A base de dados desta aplicação foi criada e gerida recorrendo ao *SQL Server 2005*, usando recursos como *stored procedures* e *views*.

Aplicação Web – foi também desenvolvida em *Visual Studio 2005*, no entanto para a vertente geográfica da aplicação foi usada o *ArcGIS*, um conjunto de programas criados pela *ESRI*. A versão usada foi a 9.2. Recorreu-se à utilização conjunta dos programas *ArcCatalog*, *ArcMap* e *ArcGIS Server* permitindo obter mapas actualizados, com informação proveniente da base de dados criada na Aplicação PC.

Após definidas as ferramentas a utilizar, passou-se ao estudo do sistema de comunicação entre o PDA e a aplicação PC. Um dos requisitos é que o PDA comunique com a placa ligada à centralina do veículo. Esta placa engloba um dispositivo GPS e um modem capaz de comunicar através de *GPRS*. Como esta placa envia para o PDA informação GPS segundo o protocolo *NMEA*, optou-se por desenvolver mensagens também segundo o protocolo *NMEA* para a comunicação entre PDA e Placa e para a comunicação entre Aplicação PC, Placa e PDA. A comunicação entre PDA e Placa e vice-versa é efectuada por *bluetooth*.

O protocolo *NMEA*, controlado pela *National Marine Electronic Association* (*NMEA*), é o protocolo standard usado na comunicação de dispositivos de navegação, como é o caso do GPS. Este protocolo consiste em mensagens previamente definidas que contêm informação como a velocidade, posição, data e hora.

Um exemplo deste tipo de mensagens é o *GLL* (*Geographic Position – Latitude/Longitude*), ver Figura 33.

GLL Geographic Position – Latitude/Longitude

```

      1      2 3      4 5      6 7
      |      | |      | |      | |
$--GLL,llll.ll,a,yyyy.yy,a,hmmss.ss,A*hh

```

- 1) Latitude
- 2) N or S (North or South)
- 3) Longitude
- 4) E or W (East or West)
- 5) Time (UTC)
- 6) Status A - Data Valid, V - Data Invalid
- 7) Checksum

Figura 33 - Mensagem NMEA do tipo GLL

Esta mensagem é apenas uma das várias que o protocolo contempla e é usada na aplicação PDA para saber a localização exacta no instante necessário.

O protocolo *NMEA* contempla ainda a criação de mensagens não standard do protocolo, denominadas mensagens proprietárias, utilizadas no âmbito do protótipo a desenvolver, de modo a construir as mensagens necessárias.

Após a análise detalhada da informação necessária a enviar pela nossa aplicação construiu-se um conjunto de mensagens proprietárias, de modo a satisfazer as necessidades de comunicação da aplicação. As mensagens podem ser encontradas em anexo na parte final da dissertação.

4.2 Base de dados

4.2.1 Base de dados da Aplicação PC

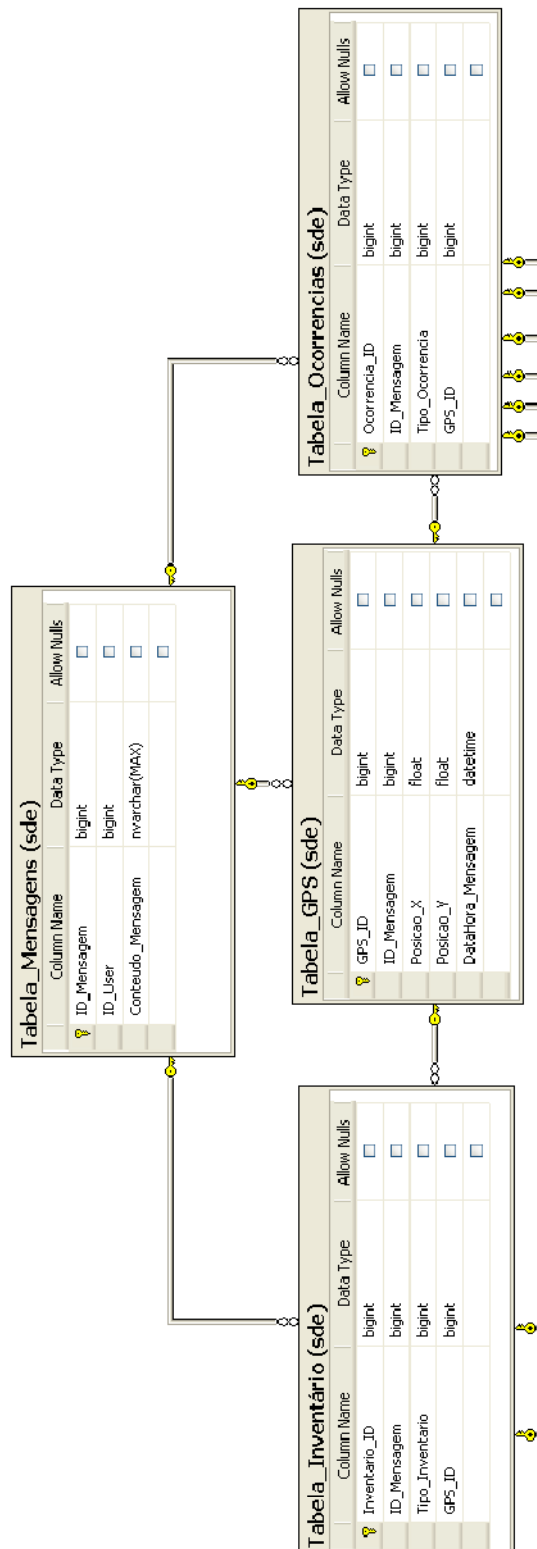


Figura 34 – Diagrama das tabelas de primeiro nível da base de dados usada na Aplicação PC

A base de dados representada na figura anterior é relativa à Aplicação PC, tendo como principal objectivo o armazenamento de todas as mensagens recebidas, *Tabela_Mensagens*. Consoante o tipo de mensagem recebida a Aplicação PC guarda a informação correspondente na base de dados, *Tabela_Ocorrencias*, *Tabela_GPS* ou *Tabela_Inventário*, caso seja, respectivamente, uma mensagem do tipo ocorrência, GPS ou inventário.

De seguida a aplicação guarda a informação relativa à ocorrência ou inventário nas tabelas de terceiro nível, detalhadas nas figuras seguintes.

De modo a facilitar a compreensão da base de dados segue-se uma visão detalhada das tabelas.

4.2.1.1 – Tabela_Mensagens e Tabela_GPS

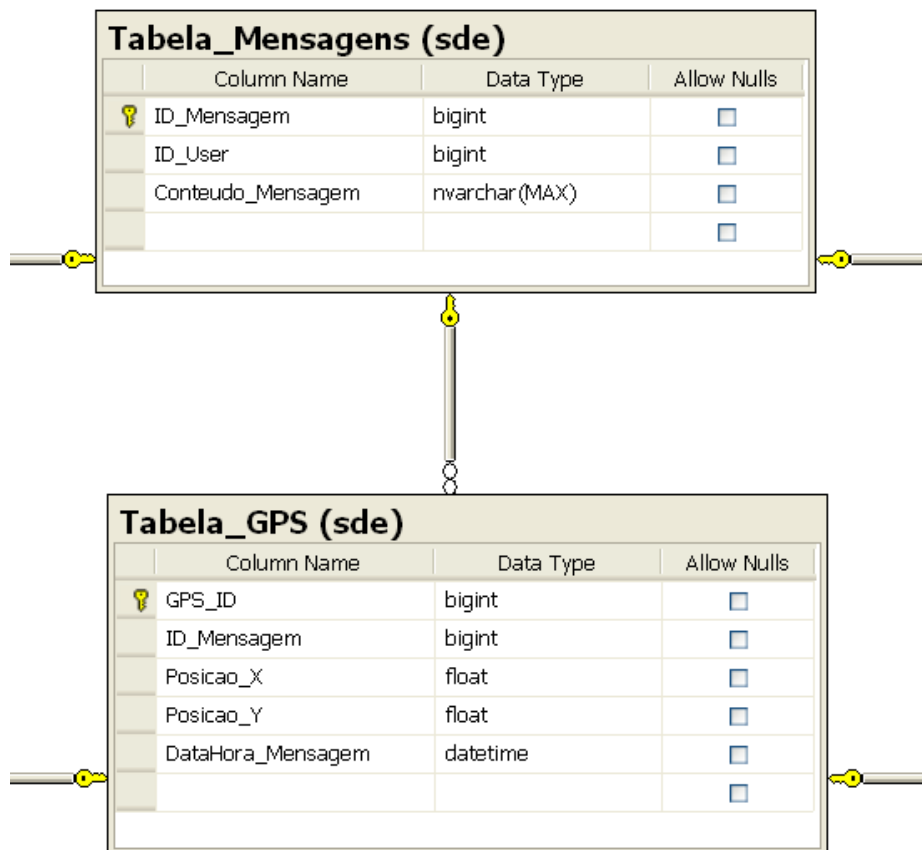


Figura 35 - Informação relativa a Tabela_Mensagens e Tabela_GPS

A Tabela_Mensagens tem como objectivo o armazenamento de todas as mensagens recebidas pela aplicação PC, o campo *ID_Mensagem* é gerado automaticamente enquanto que o *ID_USER* e o *Conteudo_Mensagem* são obtidos de informação proveniente das mensagens recebidas. A Tabela_GPS tem como objectivo o armazenamento da localização da ocorrência ou inventário reportado.

4.2.1.2 – Tabelas relativas a inventário rodoviário

Caso a mensagem recebida seja do tipo inventário, esta é guardada na *Tabela_Inventário* com referência à mensagem GPS associada através do campo *GPS_ID*. Como a mensagem inventário ainda pode ser dividida em dois tipos, a informação é guardada na *Tabela_Infrastructure* ou na *Tabela_Assets* consoante o tipo da mensagem.

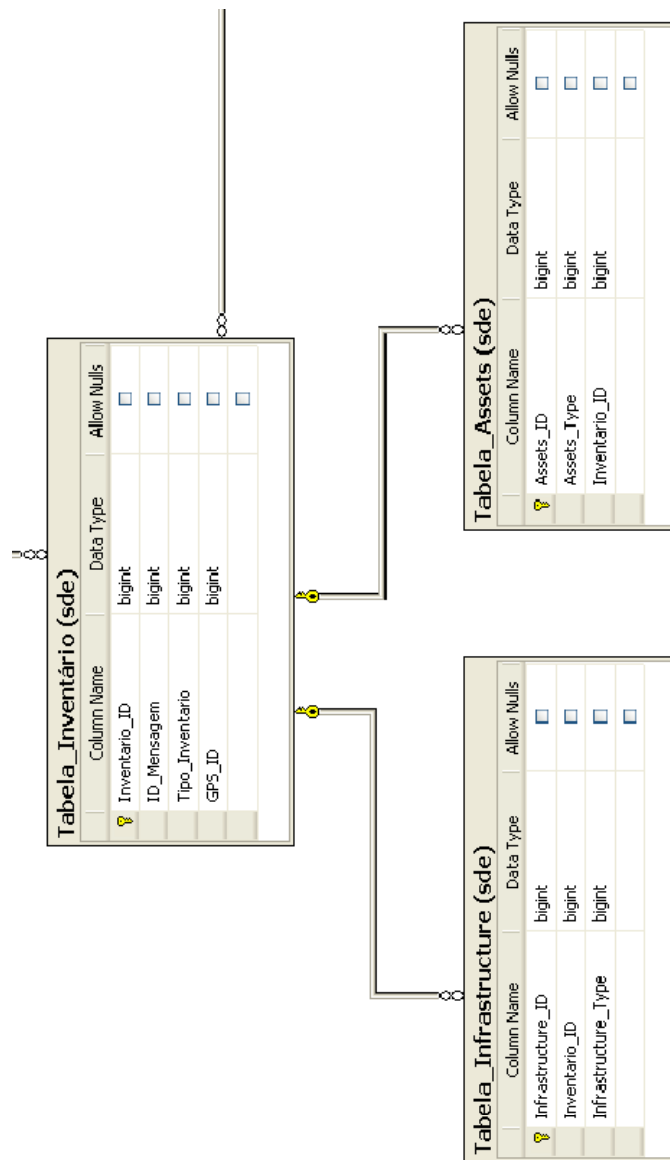


Figura 36 - Informação relativa a Tabela_Inventário, Tabela_Infrastructure e Tabela_Assets

4.2.1.3 – Tabelas relativas a ocorrências

Do mesmo modo que no caso do inventário, caso se trate de uma mensagem referente a uma ocorrência, a mensagem é guardada na *Tabela_Ocorrencias*, com respectiva referência à informação GPS. Como as ocorrências podem ser de vários tipos, a informação referente à ocorrência a reportar é armazenada na *Tabela_Traffic_Flow*, *Tabela_Incidents*, *Tabela_Planned_Activities*, *Tabela_Pavement*, *Tabela_Weather* ou *Tabela_Parking* consoante a natureza da informação a armazenar.

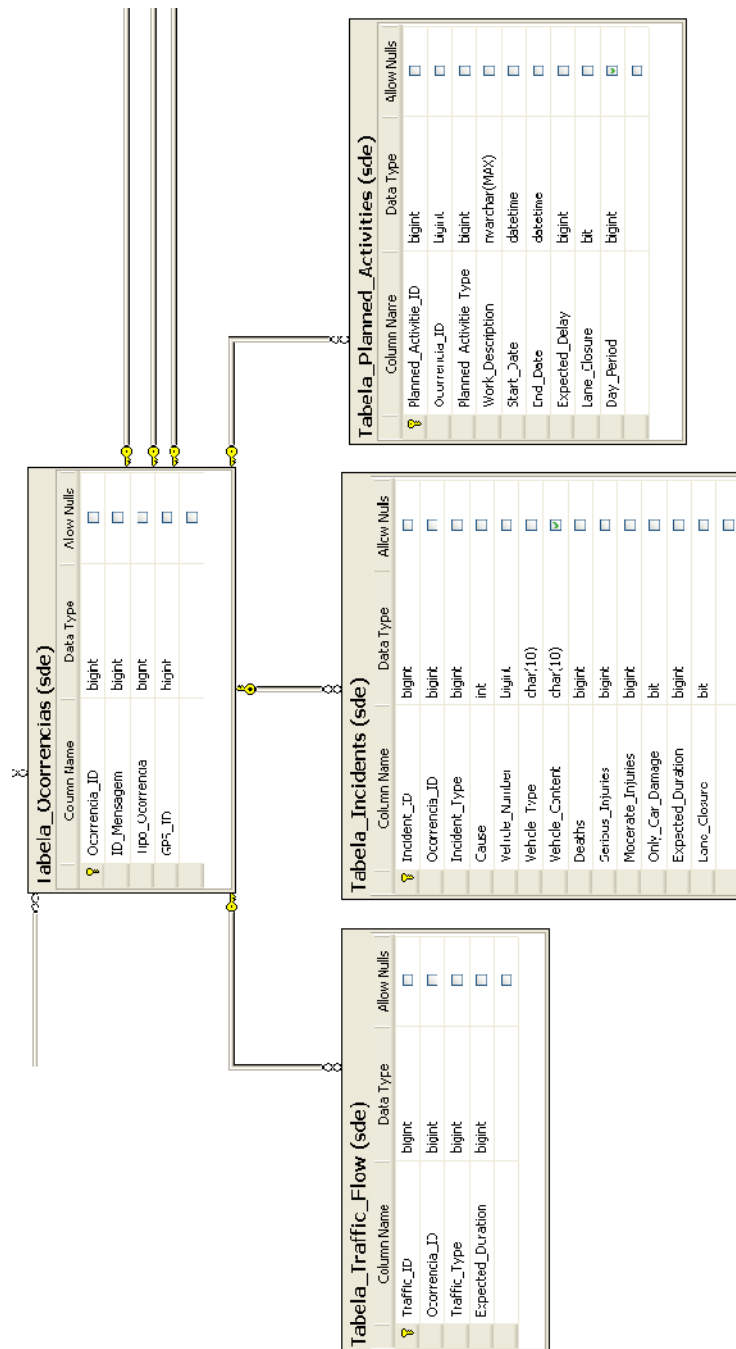


Figura 37 - Informação relativa a Tabela_Ocorrencias, Tabela_Traffic_Flow, Tabela_Incidents e Tabela_Planned_Activities

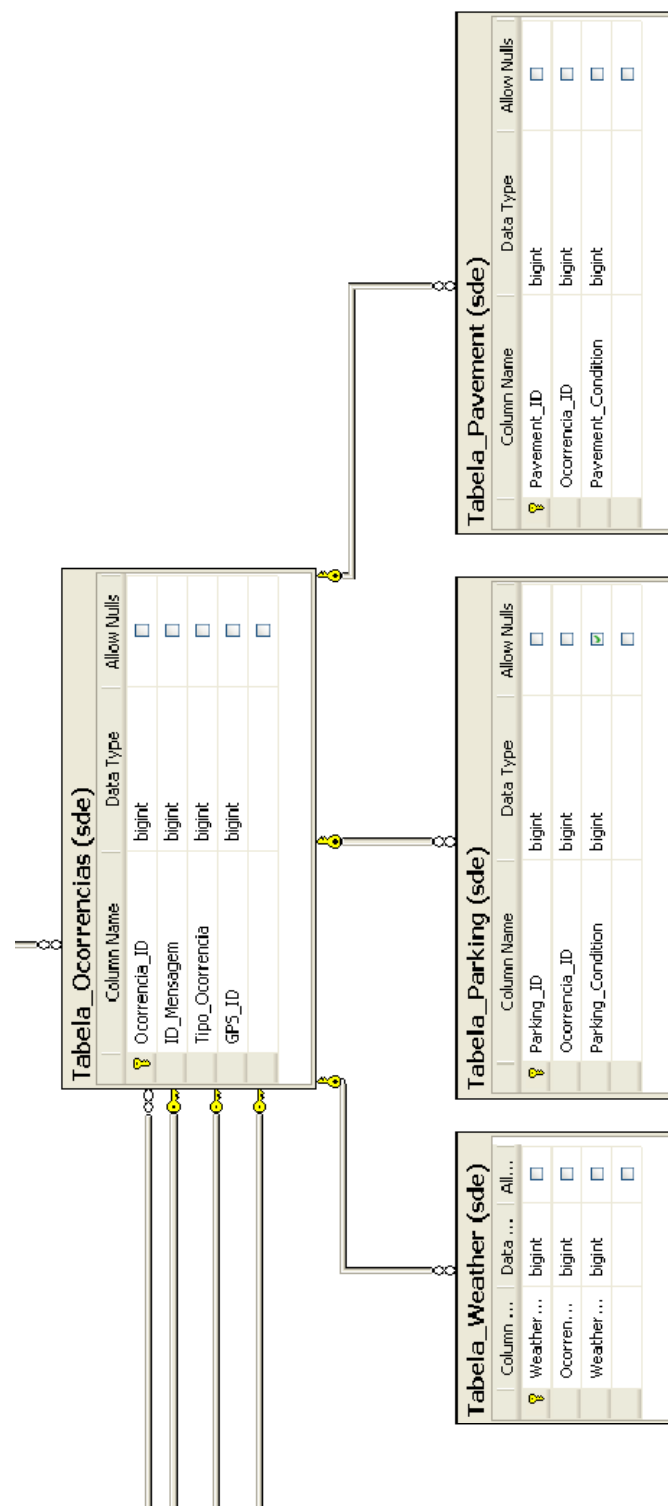


Figura 38 - Informação relativa a Tabela_Ocorrencias, Tabela_Weather, Tabela_Parking e Tabela_Pavement

4.2.2 Base de dados da Aplicação PDA

Relativamente à base de dados desenvolvida para a aplicação PDA, esta é bem mais simples do que a da aplicação PC, uma vez que somente necessita de duas tabelas. Uma relativa ao armazenamento de mensagens do tipo GPS, referente à localização actual do veículo, e outra referente às mensagens a enviar para a aplicação PC.

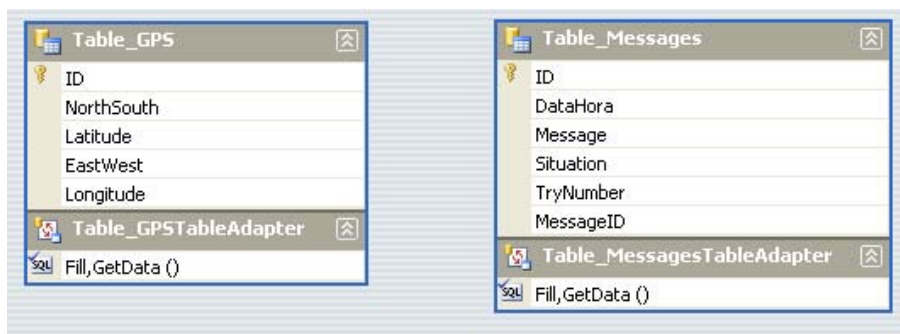


Figura 39 - Informação relativa a Table_GPS e Table_Messages

A *Table_GPS* contém a informação posicional extraída de uma mensagem do tipo GLL já referida. A *Table_Messages* contém não só a mensagem que pretende ser enviada, como também a situação da mensagem (não enviada, enviada e não confirmada ou enviada e confirmada), informação contida no campo *Situation*. Relativamente ao campo *TryNumber*, este é relativo ao número de tentativas de envio de uma dada mensagem.

4.3 Implementação do protótipo e resultados

Neste ponto pretende-se mostrar os resultados do desenvolvimento de cada módulo do protótipo através das interfaces desenvolvidas, fazendo ainda referência a características e funcionalidades fornecidas. Sempre que necessário será também referido o modo de implementação usado assim como aspectos mais técnicos da programação.

4.3.1 Aplicação PDA

Como já referido anteriormente, o principal objectivo da aplicação PDA é permitir o levantamento de ocorrências que possam surgir e efectuar um levantamento do inventário rodoviário numa determinada zona. Para tal foram desenvolvidas interfaces de modo a permitirem uma fácil interacção do operador com as funções disponibilizadas.

É de notar que todas as interfaces disponibilizadas na aplicação PDA são em Inglês, uma vez que esta aplicação se insere noutro projecto além desta dissertação de mestrado cuja língua utilizada é a inglesa.

O primeiro contacto que o utilizador tem com a aplicação é uma janela inicial, demonstrativa da aplicação onde é possível visualizar em que língua se encontra a

aplicação, assim como o uso para qual a aplicação se destina, como é possível verificar na Figura 40.



Figura 40 - Janela inicial da aplicação PDA

De seguida é apresentada a janela de login ao utilizador, na qual terá obrigatoriamente de inserir a matrícula do veículo, o seu nome de utilizador e a palavra-chave, Figura 41.



Figura 41 - Janela de Login

Após ter efectuado o login com sucesso é apresentada uma janela onde o utilizador pode escolher se pretende reportar uma ocorrência ou efectuar o levantamento rodoviário, Figura 42.



Figura 42 - Menu relativo a escolha de ocorrência ou inventário

4.3.1.1 Reportar Ocorrências

Caso o utilizador pretenda reportar uma ocorrência é-lhe apresentado o seguinte menu, Figura 43.



Figura 43 - Escolhas possíveis no menu ocorrências

Como a natureza da ocorrência a reportar pode ser variada, cabe ao utilizador seleccionar a opção que mais se adequa à situação.

Se o utilizador pretender reportar uma ocorrência relativa ao fluxo de tráfego terá de preencher o campo reservado à duração esperada e seguidamente seleccionar se se trata de uma situação de congestionamento ou de trânsito lento, como é demonstrado na Figura 44.



Figura 44 - Menu correspondente ao fluxo de tráfego

Por outro lado, se o utilizador pretender reportar um incidente, terá de seleccionar o botão correspondente a incidente e de seguida seleccionar ainda o tipo de incidente que pretende reportar. Várias opções estão disponíveis, como é possível visualizar na Figura 45.



Figura 45 - Opções de incidentes disponíveis

Se o incidente a reportar for um acidente, uma colisão, um atropelamento ou uma avaria o utilizador terá de preencher uma série de informação necessária. Em qualquer situação é também disponibilizado a possibilidade de tirar uma fotografia, que fica ligada à situação reportada, Figura 46.

Figura 46 - Informação a preencher pelo utilizador

De modo idêntico se passa com os outros tipos de incidentes, apenas com alteração de algumas variáveis de entrada associadas à informação a reportar, Figura 47

Figura 47 - Informação a preencher quando um derrame ou uma avaria

Por outro lado, se o utilizador pretender reportar actividades na via, após ter seleccionado a opção actividades, terá de escolher entre os diversos tipos de actividades e posteriormente, preencher a informação necessária ao tipo de actividade seleccionada, Figura 48.



Figura 48 - Tipo de actividades e informação a preencher pelo utilizador

Para além do tipo de ocorrências já demonstradas, o utilizador pode ainda reportar ocorrências relativas ao estado do pavimento, condições meteorológicas e estacionamento. Neste tipo de ocorrências não é necessário o preenchimento de informação, tendo o utilizador somente que seleccionar a opção pretendida a reportar, como é visível na Figura 49.



Figura 49 - Menus referentes a ocorrências do tipo estado do pavimento, condições meteorológicas e estacionamento

4.3.1.2 Efectuar levantamento rodoviário

Como já foi referido anteriormente, para além de permitir reportar ocorrências, a aplicação permite ainda efectuar o levantamento rodoviário de uma dada área. Para tal, o utilizador terá de seleccionar no menu visível na Figura 42 a opção de inventário, deparando-se em seguida com o menu apresentado na Figura 50.



Figura 50 - Opções relativas ao inventário rodoviário

É disponibilizado ao utilizador a possibilidade de efectuar o levantamento da infra-estrutura ou dos activos fixos da via. Caso pretenda efectuar o levantamento da infra-estrutura terá de seleccionar o tipo a reportar, Figura 51.



Figura 51 - Menu infra-estrutura

Caso pretenda efectuar o levantamento de activos fixos, basta seleccionar a opção referente e será confrontado com o seguinte menu, em que poderá seleccionar um dos activos presentes na lista, Figura 52. Se no entanto o activo a levantar for um sinal, terá ainda de preencher o tipo de sinal que é, a sua condição e ainda algumas observações, Figura 53.



Figura 52 - Menu relativo a activos fixos

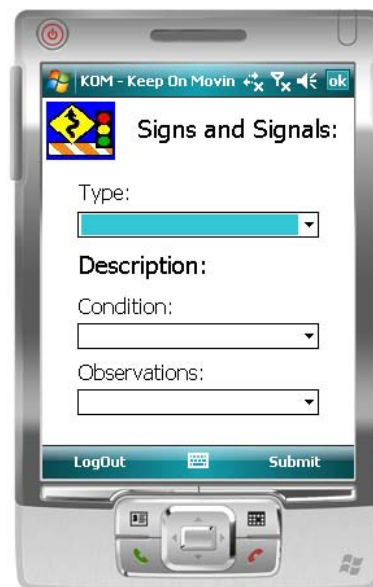


Figura 53 - Menu reservado a sinais

4.3.1.3 Requisitos de usabilidade

De modo a melhorar a interacção do utilizador com a aplicação, ou seja, a sua usabilidade, foram inseridos alguns aspectos adicionais. Estes pontos passam pelo aviso ao utilizador por parte da aplicação quando este está a cometer algum erro ou pela confirmação de alguma acção efectuada pelo utilizador, como por exemplo a confirmação de que uma ocorrência foi submetida com sucesso, como é demonstrado pelas Figura 54 e Figura 55.



Figura 54 - Aviso por parte da aplicação ao utilizador



Figura 55 - Confirmações fornecidas ao utilizador

4.3.1.4 Modo de funcionamento da aplicação PDA

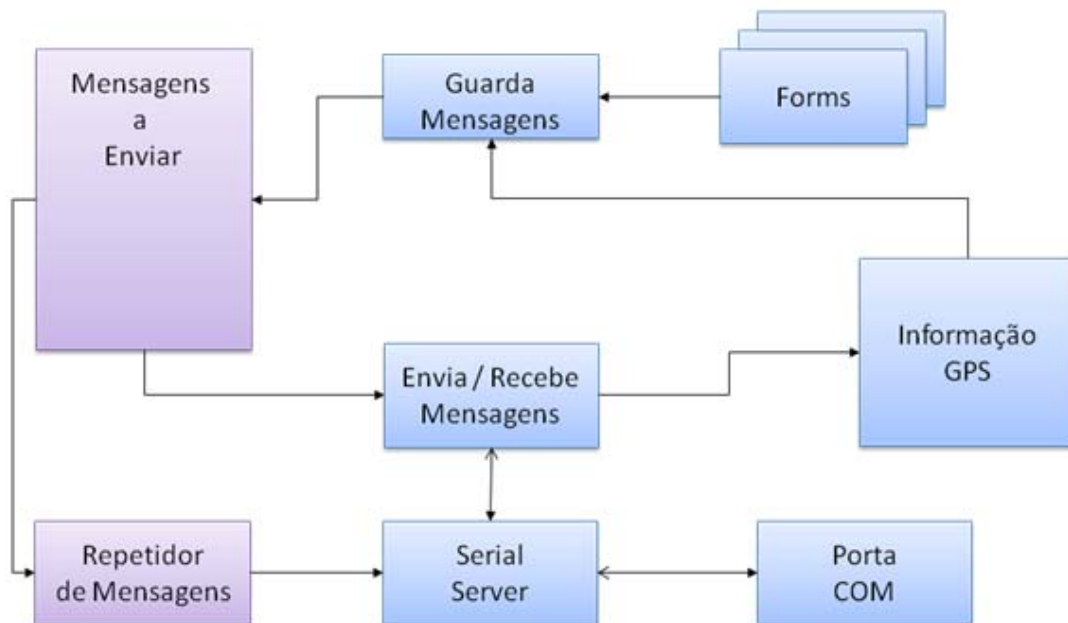


Figura 56 - Diagrama de funcionamento da aplicação PDA

O utilizador ao submeter uma ocorrência ou ao efectuar um levantamento rodoviário numa dada janela do PDA (Forms), a aplicação automaticamente cria uma mensagem que é enviada ao bloco Guarda Mensagens. Este, ao receber essa mensagem cria automaticamente uma mensagem GPS, com as coordenadas fornecidas pelo bloco Informação GPS, enviando de seguida as duas mensagens para o bloco Mensagens a Enviar. O bloco Envia / Recebe Mensagens está constantemente a aceder ao bloco Mensagens a Enviar de modo a verificar a existência de mensagens a enviar. No caso de existirem mensagens para enviar, envia-as ao bloco Serial Server que por sua vez as envia para a Porta COM. O bloco Repetidor de Mensagens tem como função a verificação do estado das mensagens assim como o seu reenvio se necessário.

O Serial Server tem ainda como função a recepção de mensagens vindas pela Porta COM, encaminhando-as através do Envia / Recebe Mensagens para o bloco Informação GPS.

4.3.2 Aplicação PC

Este módulo tem pouca interacção com o utilizador, uma vez que se trata de uma aplicação autónoma, que fica à escuta num determinado porto TCP/IP seleccionado pelo utilizador. Quando recebe alguma mensagem, verifica a sua validade e, caso se trate de uma mensagem válida, envia para o cliente uma mensagem de confirmação. De seguida, a aplicação descodifica a mensagem recebida, convertendo cada campo no formato apropriado e guardando a informação na base de dados.

Não sendo necessárias grandes funcionalidades, optou-se por um design simples e minimalista, onde o utilizador facilmente consegue exercer as funções necessárias.

Quando o utilizador executa a aplicação depara-se com a seguinte janela, Figura 57.

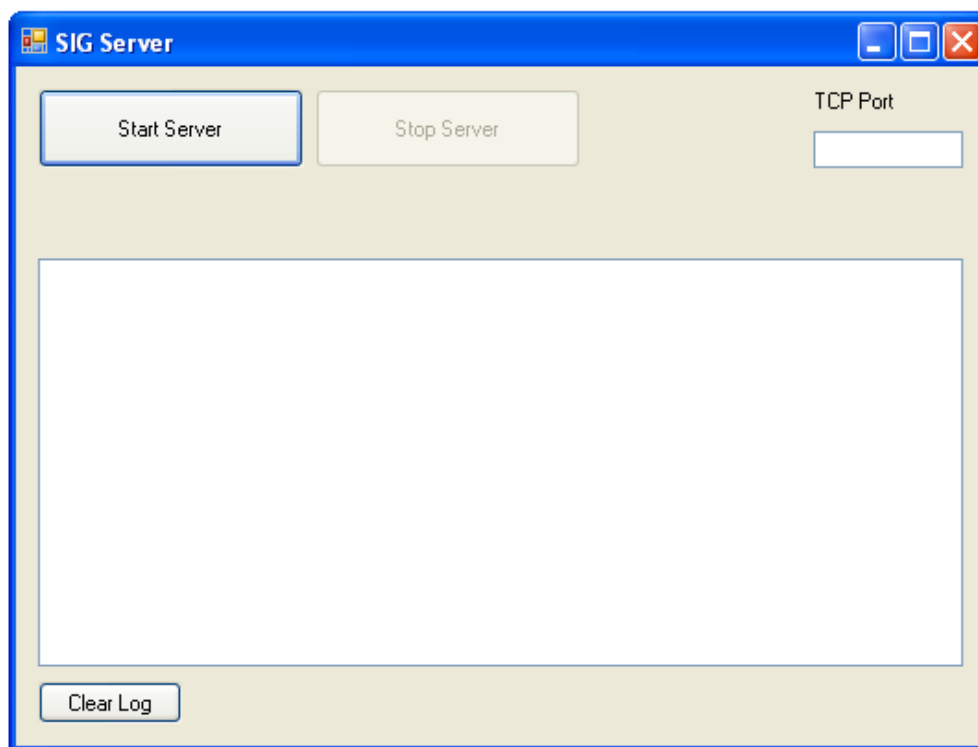


Figura 57 - Janela inicial da aplicação PC

A primeira acção a efectuar pelo utilizador, caso pretenda iniciar a aplicação é inserir o porto TCP no qual a aplicação deve ficar à escuta.

Assim que o utilizador especifique o porto pretendido terá de iniciar o sistema.

A partir do momento em que a aplicação está à espera de mensagens no porto seleccionado o utilizador é informado acerca do estado da aplicação, assim como das opções que tem disponível, como suspender ou parar a aplicação, visível na Figura 58.

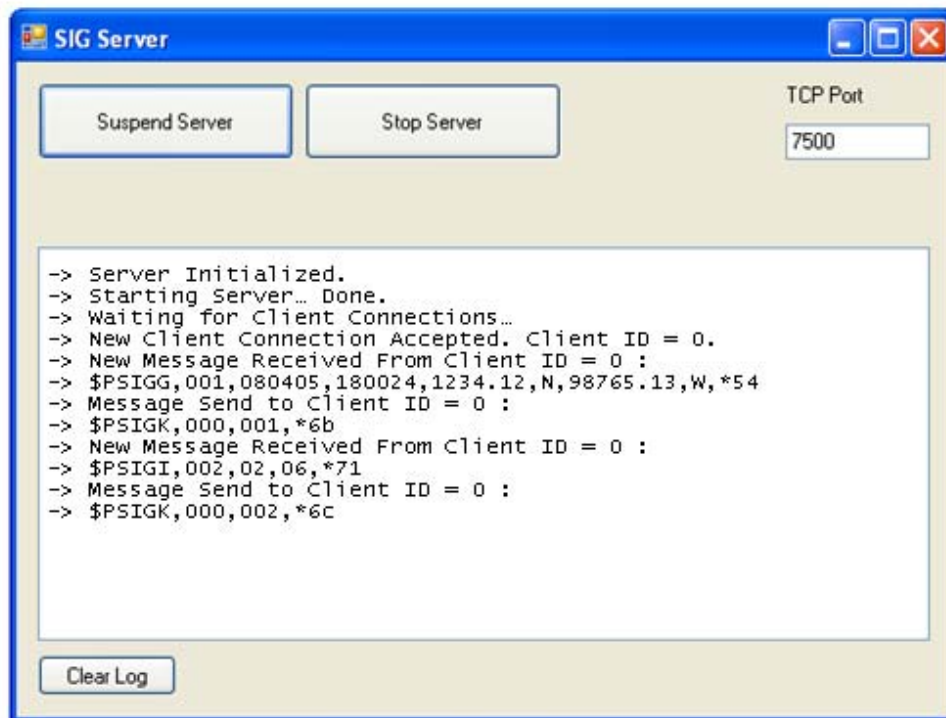


Figura 58 - Janela referente à aplicação em funcionamento

No caso de o utilizador pretender suspender a recepção de mensagens, somente terá de seleccionar o botão correspondente e a aplicação suspende a escuta no porto definido, Figura 59.

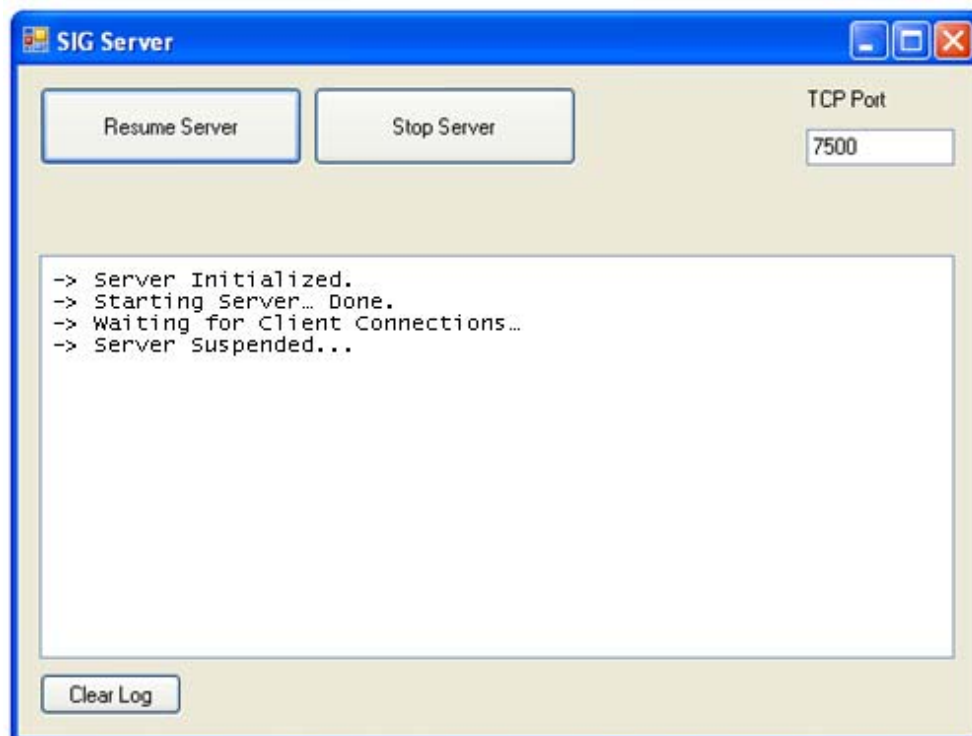


Figura 59 - Janela referente à aplicação suspensa

Após a aplicação estar suspensa o utilizador pode optar por reiniciar a recepção de mensagens ou parar de vez a aplicação.

Como a única possibilidade de haver um erro de utilização por parte do utilizador é a não introdução do porto onde a aplicação fica à escuta, introduziu-se uma mensagem de erro, de modo a avisar o utilizador de que tem de inserir um porto, como é representado na Figura 60.

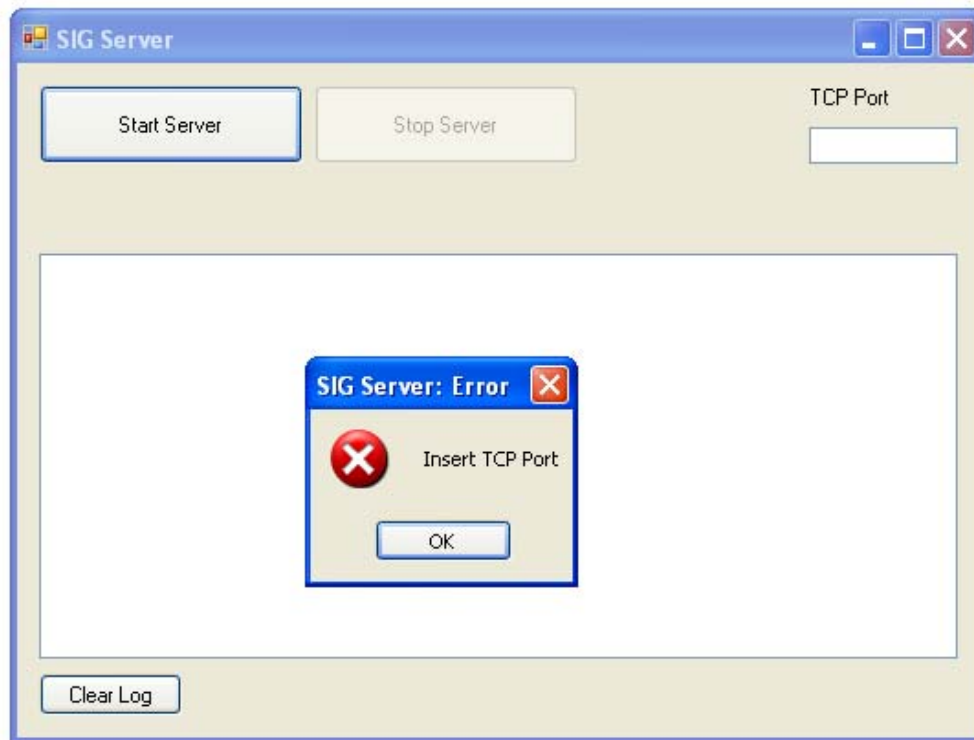


Figura 60 - Mensagem de erro

4.3.2.1 Modo de funcionamento da aplicação PC

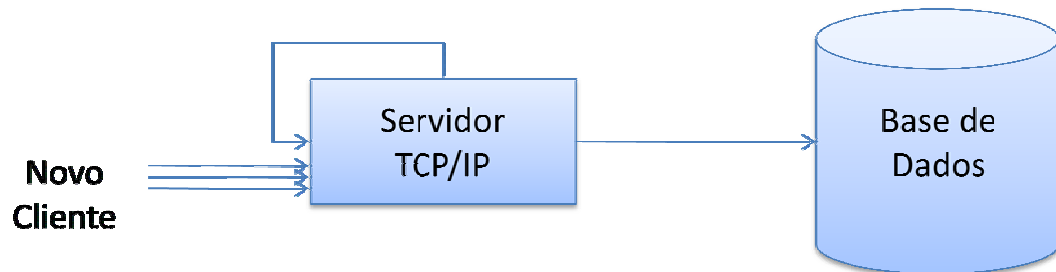


Figura 61 - Diagrama de funcionamento da aplicação PC

O Servidor TCP/IP têm como função gerir a ligação de clientes, a recepção e envio de mensagens e o armazenamento da informação na base de dados.

O servidor está constantemente à espera que novos clientes se liguem. Cada vez que se dá uma ligação, paralelamente efectua o tratamento dessa ligação, recebendo e enviando mensagens.

Sempre que recebe uma mensagem verifica a sua validade. Caso seja válida responde ao cliente com uma mensagem de confirmação. Após esta confirmação, efectua a descodificação da mensagem e envia a correspondente informação para a base de dados.

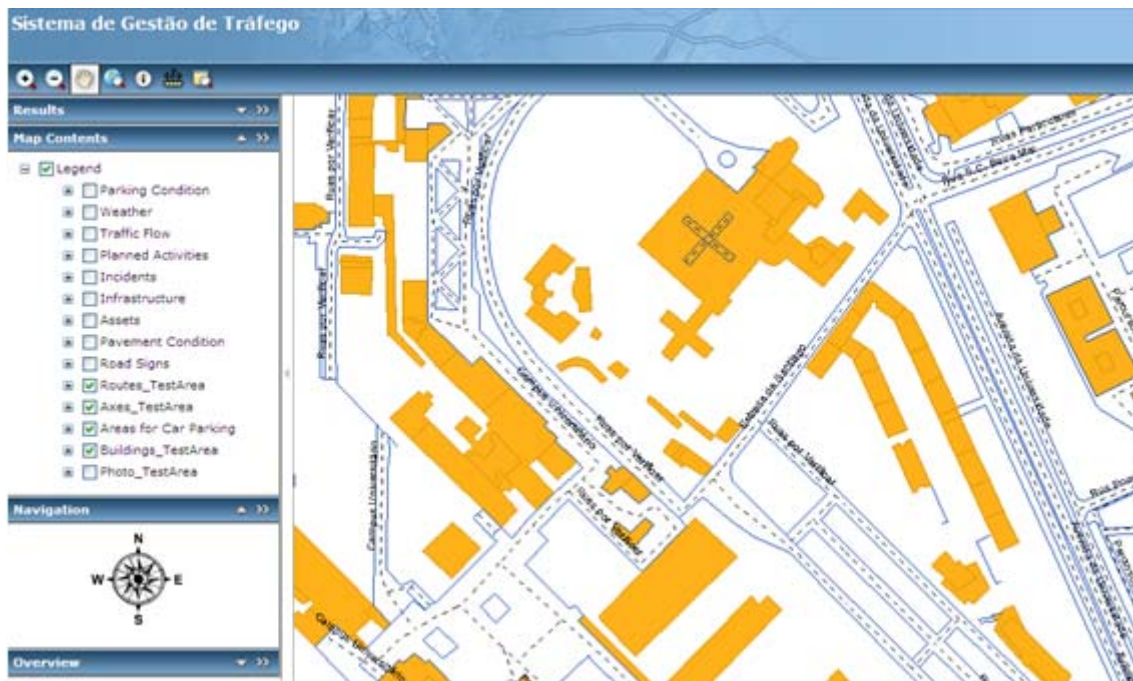


Figura 63 - Informação e camadas do mapa passíveis de serem seleccionadas

O mesmo mapa com a camada fotográfica seleccionada ficaria do seguinte modo, Figura 64.

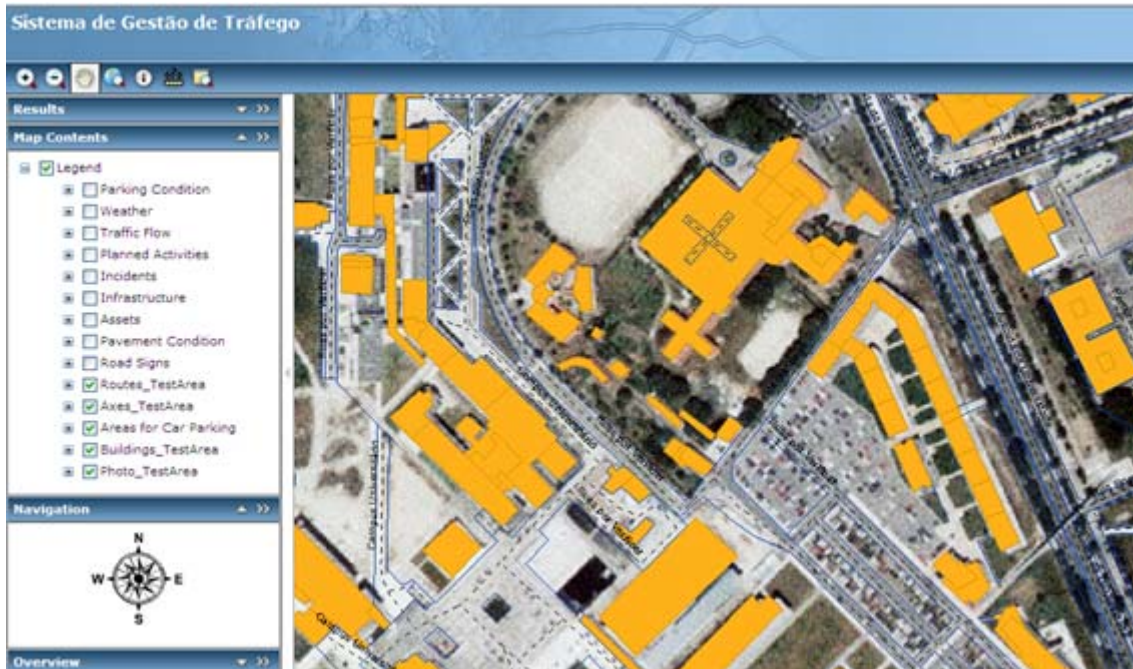


Figura 64 - Mapa com a camada fotográfica activada

De modo a facilitar a análise do mapa por parte do utilizador, foram utilizados símbolos referentes a cada situação, de modo a serem facilmente reconhecidos, apesar de a aplicação possuir uma legenda, à qual, se necessário o utilizador pode recorrer.

Se o operador do PDA tivesse reportado um acidente no cruzamento visível na Figura 65, assim que a pagina Web fosse actualizada, era possível visualizar o seguinte mapa. O mapa contém ainda uma referência a uma deficiência no pavimento, nomeadamente um buraco.

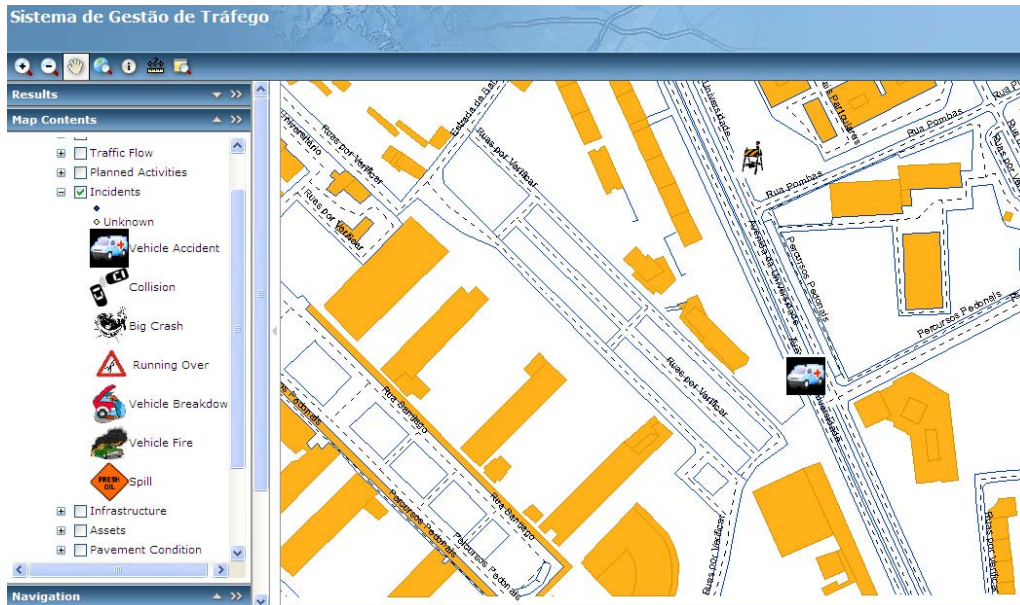


Figura 65 - Mapa com ocorrência, nomeadamente um acidente

Outras ferramentas disponibilizadas permitem obter distâncias entre pontos, obter informação sobre um dado ponto, nomeadamente a sua posição geográfica e a medição de áreas.

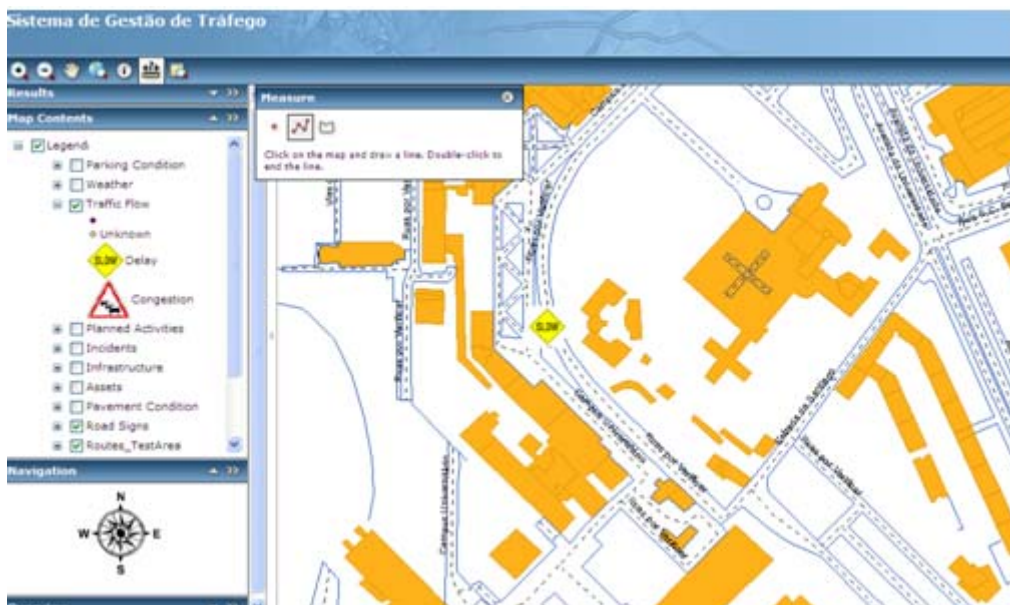


Figura 66 - Mais ferramentas disponíveis

4.3.3.1 Outros exemplos de uso da aplicação

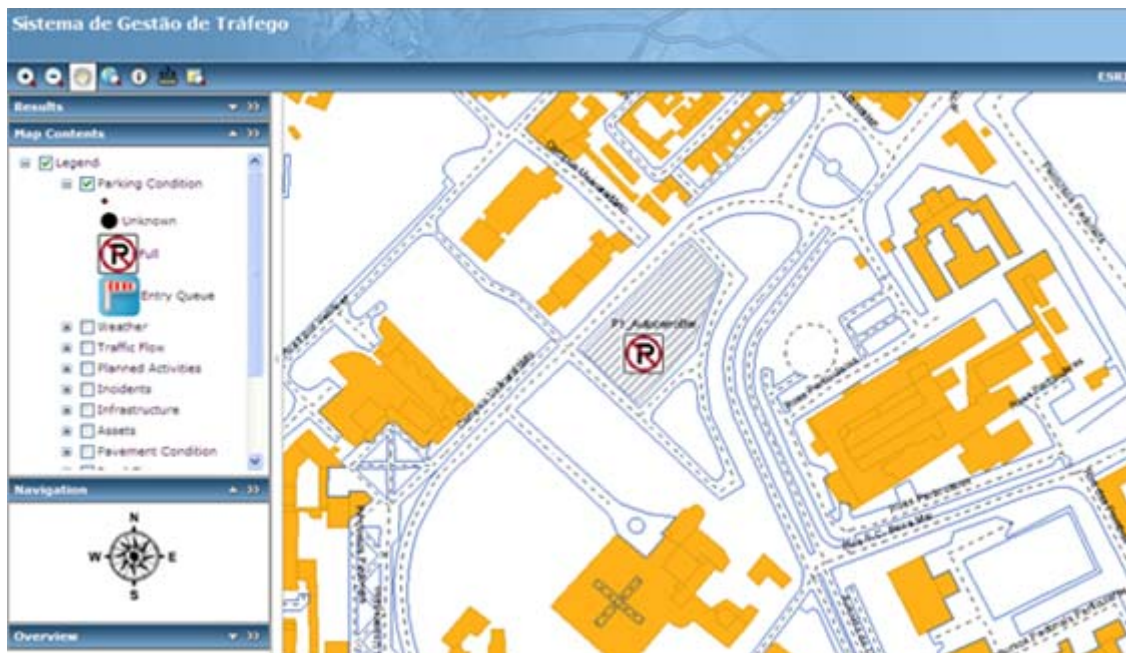


Figura 67 - Zona de estacionamento sem lugares vagos

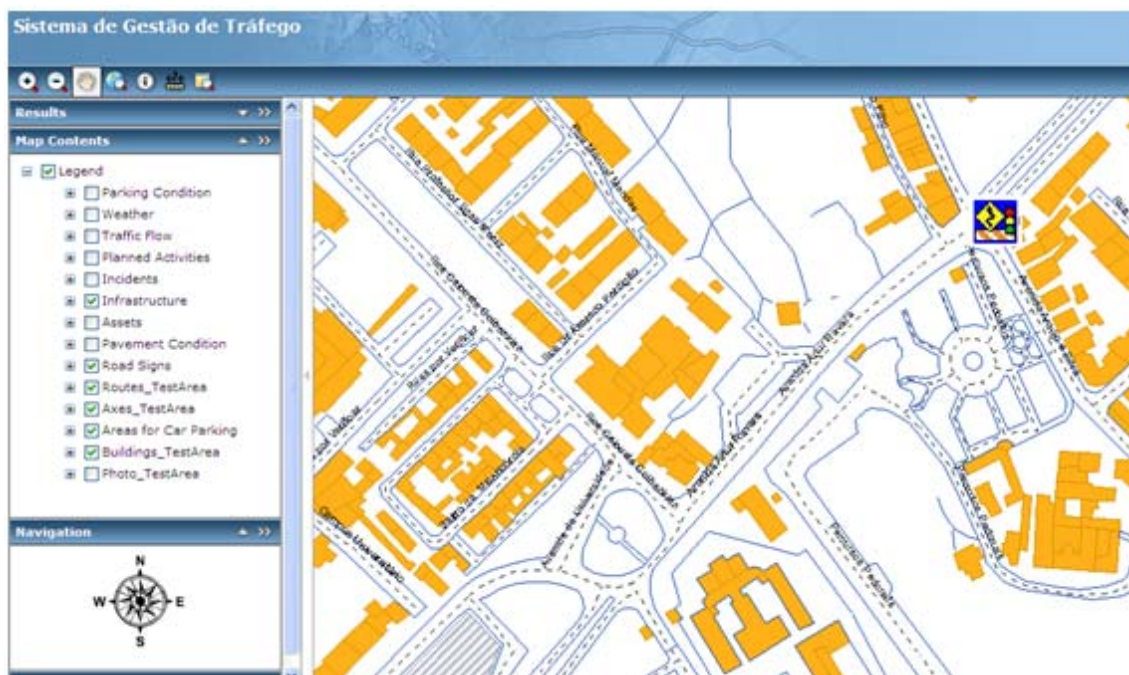


Figura 68 - Representação de semáforo

Capítulo V – Conclusões e Trabalho Futuro

5.1 Conclusões

Tendo em conta as necessidades existentes em zonas urbanas, como a cidade de Aveiro, relativas à gestão de tráfego e aos benefícios que uma boa gestão leva a toda a população quer a nível pessoal quer a nível socioeconómico, o presente trabalho teve como principal objectivo o desenvolvimento e implementação de um protótipo que permitisse uma melhor gestão deste tráfego. Para tal o trabalho realizado divide-se essencialmente em duas fases distintas. A primeira fase consistiu na abordagem de sistemas relacionados com o trabalho a efectuar, assim como uma breve perspectiva histórica e análise de projectos existentes que pudessem de um modo ou de outro beneficiar o trabalho a realizar. A segunda fase passou pela descrição do desenvolvimento e implementação do protótipo.

A presente tese descreve o desenvolvimento de um protótipo resultante da integração de tecnologias SIG e GPS através de um dispositivo móvel, PDA, como ferramenta para o levantamento de dados relativos a tráfego e subsequente análise, de modo a obter informação que caracteriza o estado do tráfego na zona de estudo. O módulo referente ao levantamento de informação é uma aplicação desenvolvida para PDA, através do qual é possível reportar ocorrências, assim como efectuar o levantamento de inventário rodoviário. O protótipo é ainda constituído por mais dois módulos. O primeiro é responsável pela recepção, descodificação e armazenamento da informação enviada pelo PDA, enquanto o segundo, uma aplicação desenvolvida com recurso a ferramentas GIS, que permite a visualização e análise dessa mesma informação. Informação esta, que é disponibilizada na forma de mapas com informações temáticas, fornecendo a analistas uma representação do estado actual do tráfego na área de estudo.

Um dos principais objectivos do trabalho efectuado era delinear os benefícios que um protótipo deste género implica na obtenção de informação de tráfego. O protótipo elaborado consiste em dispositivos relativamente baratos e devido à interface disponibilizada permite uma fácil utilização, descartando assim a sua utilização por técnicos especializados. Consequentemente, os custos de aquisição, manutenção e utilização deixam de ser limitativos relativamente ao número de veículos em circulação com um sistema destes, possibilitando o levantamento de informação de tráfego a múltiplos utilizadores simultaneamente. Outra vantagem inerente do protótipo, é o uso de um PDA como método de obtenção de dados, já que o seu tamanho reduzido e portabilidade permitem o seu fácil transporte entre veículos, caso seja necessário, não limitando assim a sua utilização a um tipo de veículo específico.

5.2 Trabalho futuro

O protótipo desenvolvido encontra-se operacional, disponibilizando todas as funções descritas ao longo da tese. Em todos os testes efectuados demonstrou as capacidades exigidas, demonstrando a possibilidade de passar, se necessário, a um estatuto superior a protótipo. No entanto, apesar das boas indicações fornecidas, é possível o melhoramento de certos aspectos, assim como a exploração de novas possibilidades:

- Como foi descrito ao longo da tese, o protótipo fornece uma base de dados completa e actualizada de todas as situações reportadas. A única utilização que o presente protótipo está a dar a essa base de dados é a obtenção da localização e do tipo de situação de modo a poder disponibilizar essa informação no mapa. Sendo assim, um possível futuro trabalho seria o uso da restante informação, podendo assim disponibilizar a analistas vários dados que poderão levar a uma melhor gestão de tráfego, desde zonas onde se verifica a maior taxa de acidentes à possibilidade de obter estatísticas relativas a vítimas desses acidentes.
- Outra possibilidade de evolução do presente protótipo é a substituição do *PDA*, usado em conjunto com a placa ligada à centralina, que possibilitava a obtenção de informação *GPS* e o envio da informação via *GPRS*, por um *PDA* mais actual que já engloba o receptor *GPS* assim como a possibilidade de envio da informação, descartando assim a necessidade de comunicação *PDA* – placa e vice-versa.

Bibliografia

- [1] European Commission (2001). White Paper — European transport policy for 2010: time to decide. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities
- [2] Sussman Joseph; “Introduction to Transportation Systems”; Artech House Publishers, Boston – London, 2000
- [3] <http://www.itsa.org/> 10/04/2008
- [4] Figueiredo Lino; “*Sistemas Inteligentes de Transporte*”; Universidade do Porto, 2005
- [5] Ghosh Sumit, Lee Tony; “*Intelligent Transportation Systems: New Principles and Architectures*”; CRC Press, 2000
- [6] US Department of Transportation (1999); “*Intelligent Transportation Systems Benefits*”.
<http://www.its.fhwa.dot.gov/cyberdocs/welcome.htm> 21/04/2008
- [7] Figueiredo Lino; Jesus Isabel; “*Towards the Development of Intelligent Transportation Systems*”; Intelligent Transportation Systems Conference, Oakland (CA) Usa, 2001.
- [8] Dolger Reiner; “*Centrico: Using ITS to manage Europe’s busiest roads*”; Europe’s Information Society, 2008
http://ec.europa.eu/information_society/tl/research/priv_invest/pcp/workshops/documents/presentation_centrico.pdf 8/05/2008
- [9] ITS Promotion Office; “*ITS: A collection of effectiveness case studies: 2007-2008*”; Japan 2008
- [10] http://www.viaverde.pt/ViaVerde/vPT/A_Via_Verde/Como_Funciona/ 9/05/2008
- [11] http://www.lusoponte.pt/secur_pvg.htm 9/05/2008
- [12] <http://www.estradasdeportugal.pt/site/v3/> 9/05/2008

- [13] Miller Harvey, Shaw Shih-Lung; “*Geographic Information Systems for Transportation: Principles and Applications*”; Spatial Information Systems, 2001
- [14] http://www.gisdevelopment.net/application/Utility/transport/me05_020a.htm 05/2008
- [14] Young Stan; “*Real-Time Traffic Operations Data Using Vehicle Probe Technology*”; University of Maryland, 2007
- [15] Huber Werner, Ladke Michael, Ogger Rainer; “*Extended Floating-Car Data For The Acquisition Of Traffic Information*”; World Congress on Intelligent Transport Systems, Toronto, Canada, 1999
- [16] Carroll Patrick, Everson Dan, Malcom Hope; “*GPS and GIS: a “hands-on” approach*”; University of Mississippi, 1996
- [17] Tsou Ming-Hsiang; “*Integrated Mobile GIS and Wireless Internet Map Servers for Environmental Monitoring and Management*”; Cartography and Geographic Science, Vol.31, No.3, 2004
- [18] Thompson Elisabet; “*Integrating PDA, GPS and GIS technologies for Mobile Traffic Data Acquisition and Traffic Data Analysis*”; IT University of Goteborg, Sweden, 2003
- [19] Rumbaugh James, Booch Grady, Jacobson Ivar; “*The Unified Modeling Language Reference Manual*”; Addison-Wesley, 2005
- [20] Cunha J.Paulo, Oliveira Ilídio; “*Qualidade em Sistemas de Informação: O Caminho para a Orientação aos Objectos*”, Instituto de Engenharia Electrónica e Telemática de Aveiro, Aveiro, 2007
- [21] Xue Y., A. P. Cracknell, and H. D. Guo; “*Telegeoprocessing: The integration of remote sensing, geographic information system (GIS), global positioning system (GPS) and telecommunication*”; International Journal of Remote Sensing 23(9): 1851-93, 2002.
- [22] Shladover, S.; “*Review of the State of Development of Advanced Vehicle Control Systems (AVCS)*”; Vehicle System Dynamics 24, 551-595, 1995
- [23] Claramunt, C., Jiang, B., and A. Bargiela; “*A new framework for the integration, analysis and visualization of urban traffic data within geographic information systems*”; Transport Research Part C8, 167-184, 2000

ANEXOS

Mensagens Proprietárias NMEA definidas:

- Mensagem do tipo GPS

\$PSIGG,001,080405,180024,1234.12,N,98765.13,W,*54

Tabela 20 - Tabela descritiva da mensagem do tipo GPS

Campo	Exemplo	Descrição
Tipo de Mensagem	\$PSIGG	
Identificador	001	
Data	080405	yymmdd
Hora	180024	hhmmss
Latitude	1234.12	ddmm.mmmm
Orientação	N	N= Norte, S=South
Longitude	98765.13	Dddmmm.mmmm
Orientação	W	E = East, W = West
Checksum	*54	
Terminador	CR/LF	

- Mensagem do tipo Infra-estrutura

\$PSIGI,001,01,08,*7c

Tabela 21 - Tabela descritiva da mensagem do tipo Infra-estrutura

Campo	Exemplo	Descrição
Tipo de Mensagem	\$PSIGI	
Identificador	001	
Tipo de Inventário	01	01 – Inventário
Tipo de Infra-estrutura	08	Unknown = 0 Road_Network = 1 Bridges_and_Tunnel = 2 Pavement = 3 Drainage_System = 4 Parking = 5 Public_Transport = 6 Cyclists_and_Pedestrians = 7 Canals_Navigable_Rivers = 8 Freight = 9
Checksum	*7c	
Terminador	CR/LF	

- Mensagem do tipo Activos Fixos

PSIGI,001,02,06,*71

Tabela 22 - Tabela descritiva da mensagem do tipo Activos Fixos

Campo	Exemplo	Descrição
Tipo de Mensagem	\$PSIGI	
Identificador	001	
Tipo de Inventário	02	02 – Activos Fixos
Tipo de Infra-estrutura	06	Unknown = 0 Fences = 1 Markings = 2 Signs_and_Signals = 3 Monitoring_Systems = 4 Tolls = 5 Street_Lights_and_Pumps = 6 Furniture = 7
Checksum	*71	
Terminador	CR/LF	

- Mensagem do tipo Fluxo de tráfego

\$PSIGO,001,01,02,00027,*69

Tabela 23 - Tabela descritiva da mensagem do tipo Fluxo de Tráfego

Campo	Exemplo	Descrição
Tipo de Mensagem	\$PSIGO	
Identificador	001	
Tipo de Ocorrência	01	01 – Fluxo de Tráfego
Tipo de Infra-estrutura	02	Unknown = 0 Delay = 1 Congestion = 2
Duração Esperada	00027	minutos
Checksum	*69	
Terminador	CR/LF	

- Mensagem do tipo Incidente

\$PSIGO,003,02,04,06,24,C,A,03,001,004,T,00345,F,*53

Tabela 24 - Tabela descritiva da mensagem do tipo Incidente

Campo	Exemplo	Descrição
Tipo de Mensagem	\$PSIGO	
Identificador	003	
Tipo de Ocorrência	02	02 - Incidente
Tipo de Incidente	04	Unknown = 0 Vehicle_Accident = 1 Collision = 2 Big_Crash = 3 Running_Over = 4 Vehicle_Breakdown = 5 Vehicle_Fire = 6 Spill = 7
Causa do Incidente	06	Unknown = 0 Manobras_Perigosas = 1 Condicao_Climaterica = 2 Mau_Estado_Pavimento = 3 Velocidade_Excessiva = 4 Desrespeito_Sinalização = 5 Desrespeito_Prioridade = 6 Condução_Substancias = 7
Número de Veículos	24	
Tipo de Veículo	C	Unknown = '?' Classe_A1 = 'I' Classe_A = 'A' Classe_B = 'B' Classe_C = 'C' Classe_D = 'D' Classe_BE = 'E' Classe_CE = 'F' Classe_DE = 'G' Várias_Classes = 'H'
Conteúdo do Veículo	A	
Mortes	03	
Feridos Graves	001	
Feridos Ligeiros	004	
Sem Feridos Envolvidos	T	T = true, F = false
Duração Esperada	00345	minutos
Fecho de Estrada	F	T = true, F = false
Checksum	*53	
Terminador	CR/LF	

- Mensagem do tipo Actividades

\$PSIGO,027,03,03,tapar buracos com alcatr,
080405184729,080524234435,00300,F,4,*77

Tabela 25 - Tabela descritiva da mensagem do tipo Actividades

Campo	Exemplo	Descrição
Tipo de Mensagem	\$PSIGO	
Identificador	003	
Tipo de Ocorrência	03	03 - Actividades
Tipo de Actividade	03	Unknown = 0 Construction = 1 Road_Works = 2 Maintenance = 3 Special_Event = 4
Descrição	tapar buracos com alcatr	
Data Inicio	080405184729	yymmddhhmmss
Data Conclusão	080524234435	yymmddhhmmss
Duração Esperada	00300	minutos
Fecho da Estrada	F	T = true, F =false
Altura do Dia	4	Unknown = 0 Manha = 1 Tarde = 2 Noite = 3 Madrugada = 4
Checksum	*77	
Terminador	CR/LF	

- Mensagem do tipo Estado Pavimento

\$PSIGO,001,04,03,*74

Tabela 26 - Tabela descritiva da mensagem do tipo Estado Pavimento

Campo	Exemplo	Descrição
Tipo de Mensagem	\$PSIGO	
Identificador	001	
Tipo de Ocorrência	04	04 – Estado Pavimento
Tipo de Estado do Pavimento	03	Unknown = 0, Bad_Condition = 1, Hole = 2, AcquaPlanning = 3
Checksum	*74	
Terminador	CR/LF	

- Mensagem do tipo Condição Meteorológica

\$PSIGO,001,05,05,*73

Tabela 27 - Tabela descritiva da mensagem do tipo Condição Meteorológica

Campo	Exemplo	Descrição
Tipo de Mensagem	\$PSIGO	
Identificador	001	
Tipo de Ocorrência	05	05 – Condição Meteorológica
Condição Meteorológica	05	Unknown = 0, Intense_Rain = 1, Strong_Winds = 2, Reduced_Visibility = 3, Ice = 4, Snow = 5
Checksum	*73	
Terminador	CR/LF	

- Mensagem do tipo Estacionamento

\$PSIGO,001,06,02,*77

Tabela 28 - Tabela descritiva da mensagem do tipo Estacionamento

Campo	Exemplo	Descrição
Tipo de Mensagem	\$PSIGO	
Identificador	001	
Tipo de Ocorrência	06	06 - Estacionamento
Tipo de Estacionamento	02	Unknown = 0 Full = 1 Entry_Queue = 2
Checksum	*77	
Terminador	CR/LF	